

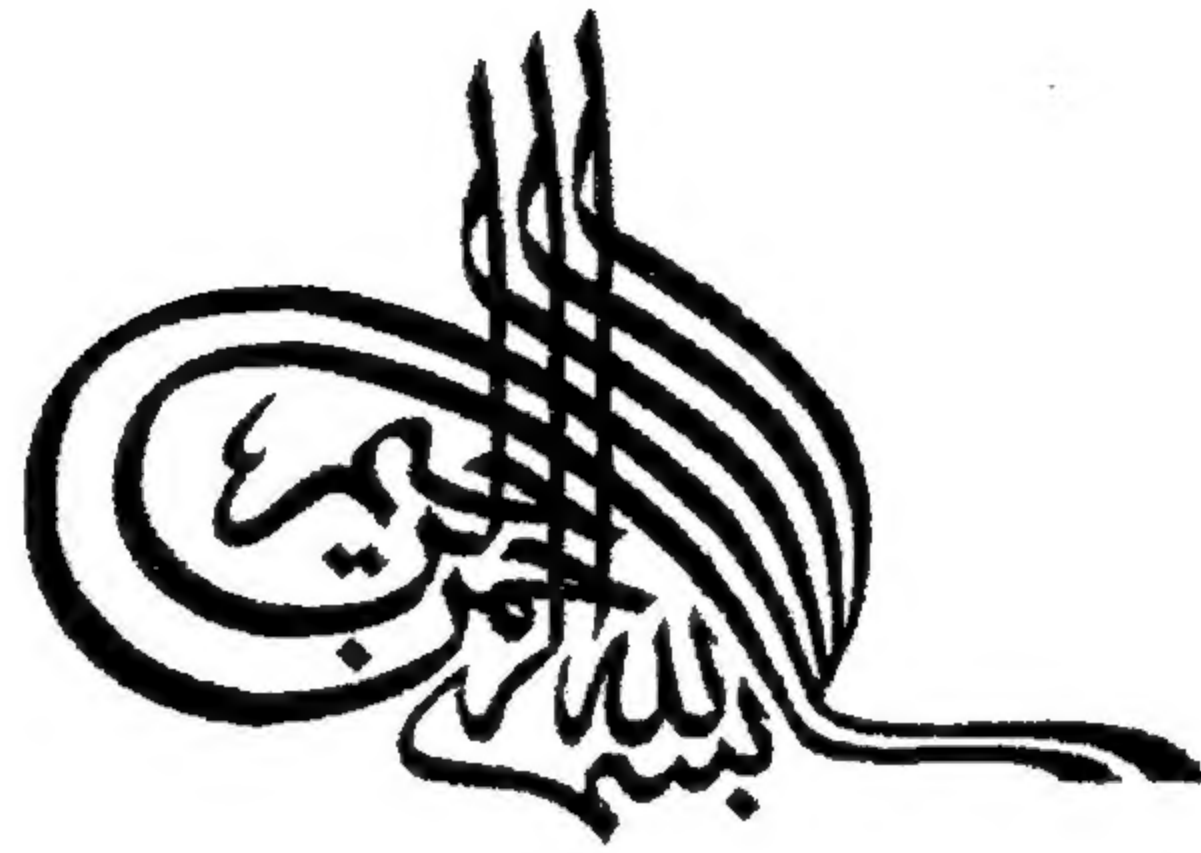
# مقدمة في كيمياء التلوث البيئي

الأستاذ  
أحمد السروري









**مقدمة**  
**في كيمياء التلوث البيئي**





# **مقدمة**

## **في كيمياء التلوث البيئي**

**أحمد السروي**

استشاري معالجة المياه والدراسات البيئية



محفوظ  
جميع الحقوق

رقم التصنيف : 363.738

المؤلف ومن هو في حكمه : أحمد السروي.

عندما وان الكتاب : مقدمة في كيمياء التلوث البيئي.

رقم الإيداع : 2013/6/1902

**الواصفــــــــــــات : التلوث // التلوث الكيميائي // البيئة /**

بيانات الناشر : عمان - دار ومكتبة الحامد للنشر والتوزيع

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

ISBN 978-9957-32-788-0 (ردمك)

تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية.

لا يجوز نشر أو اقتباس أي جزء من هذا الكتاب، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع، أو نقله على أي وجه، أو بأي طريقة أكانت إلكترونية، أم ميكانيكية، أم بالتصوير، أم التسجيل، أم بخلاف ذلك، دون الحصول على إذن الناشر الخطي، وبخلاف ذلك يتعرض الفاعل للملاحقة القانونية.

الطبعة الأولى 1435-2014هـ



دار الجوامد للنسب والتوزیع

الأردن - عمان - شفا بدران - شارع العرب مقابل جامعة العلوم التطبيقية

هاتف: +962 6 5231081 فاكس: +962 6 5235594

ص.ب. (366) الرمز البريدي: (11941) عمان - الأردن

[www.daralhamed.net](http://www.daralhamed.net)

E-mail : [daralhamed@yahoo.com](mailto:daralhamed@yahoo.com)



## الإهداء

إلى أمي الغالية التي سهرت الليالي من أجل راحتي  
إلى أبي العزيز الذي تعب من أجل تعليمي وتربيتي  
إلى زوجتي الغالية شريكة حياتي ورفيقة دربي  
إلى إخوتي سندي في الحياة  
إلى أساتذتي المحترمين  
أهدي لهم هذا العمل المتواضع...

المؤلف





# المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	11
البَقْطَلُ الأول	17
<b>البيئة والأنظمة البيئية</b>	
1-1. مقدمة عن البيئة ومشكلاتها	19
1-2. الإنسان والأرض والبيئة	22
1-3. البيئة	27
1-4. الأغلفة المحيطة بالأرض	31
1-5. النظام البيئي	36
1-5-1. اتزان النظام البيئي	38
1-5-2. تدفق الطاقة داخل الانظمة البيئية	40
1-5-3. دورة المواد داخل الانظمة البيئية	42
1-6. إختلال التوازن البيئي	62
1-7. التنوع البيولوجي في البيئة	63
1-8. مفهوم التلوث البيئي	65
1-9. أنواع التلوث البيئي	67
1-10. دور الكيمياء في خدمة البيئة	68
البَقْطَلُ الثاني	71
<b>كيمياء التربة وتلوث التربة والبيئة الارضية</b>	
2. مقدمة عن التربة	73
1-2. المفاهيم المختلفة لتعريف التربة	74
2-2. فائدة التربة	75

الصفحة	الموضوع
75	2-3. التنوع البيولوجي للتربة
76	2-4. أصناف الأتربة
78	2-5. التركيب الطبيعي والكيميائي والبيولوجي للتربة
81	2-6. العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض
88	2-7 مفهوم تلوث التربة
90	2-8. مصادر تلوث التربة
96	2-8-1. التلوث الطبيعي للتربة
99	2-8-2. الملوثات البشرية (الصناعية) للتربة
114	2-9. التحكم في تلوث التربة
121	الفصل الثالث
	<b>كيمياء الماء والتلوث المائي للبيئة</b>
123	3. مقدمة عن الماء
123	3-1. كيمياء الماء
128	3-2. دورة الماء الطبيعية علي الأرض
130	3-3. الدورة الاصطناعية للمياه
132	3-4. توزيع المياه علي الكرة الأرضية
147	3-5. تلوث الماء
149	3-5-1. ملوثات الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية
171	3-6. التحكم في تلوث الماء
172	3-6-1. معالجة مياه الصرف الصحي
177	3-6-2. معالجة مياه الصرف الصناعي
185	3-7. المسح البيئي لمصادر المياه
187	3-8. الموارد المائية في الوطن العربي



الموضوع	الصفحة
البَقْطَلُ الْبَرَّاقِعُ	
كيمياء الهواء والتلوث الهوائي للبيئة	189
4. مقدمة عن الهواء	191
4-1. كيمياء الهواء	191
4-2. مكونات وتركيب الغلاف الجوي	193
4-3. الهواء والتلوث البيئي	200
4-3-1. مصادر التلوث الهوائي	202
4-3-2. ملوثات الهواء	209
4-4. الملوثات الجوية وتأثيراتها البيئية	260
البَقْطَلُ الْخَامِسُ	
التلوث الضوضائي وأثاره	267
5. مقدمة عن الضوضاء	269
5-1. الضوضاء والصوت	269
5-2. مصادر الضوضاء	272
5-3. أنواع التلوث الضوضائي وتأثيراته	274
5-4. الحماية وكيفية السيطرة على التلوث الضوضائي	279
5-5. تقرير حول الضوضاء في مصر والجهود المبذولة للتقليل من مخاطرها	281
5-6. مكافحة الضوضاء البيئية	282
البَقْطَلُ الْسَّالِسُ	
التلوث الإشعاعي وأثاره البيئية والصحية	287
6. مقدمة عن التلوث الإشعاعي	289
6-1. تصنيف الأشعة	290

الموضوع	الصفحة
2-6. الطيف الكهرومغناطيسي	291
3-6. النظائر المشعة	292
1-3-6 عمر المادة المشعة	294
2-3-6 نواتج تفكك النظائر المشعة	295
4-6. الجرعة الإشعاعية	298
5-6. مصادر التلوث بالمواد المشعة	301
6-6. الآثار الحيوية للإشعاعات المؤينة	313
7-6. دور الإشعاع في مجال البيئة	318
8-6. التحكم في التلوث بالمواد المشعة	320
9-6. طرق السيطرة على التلوث الإشعاعي	323
10-6. الإشعاعات الضارة والتقنية الحيوية	325
الفصل الثاني	
<b>التلوث الكهرومغناطيسي واثاره البيئية والصحية</b>	329
7. مقدمة عن الطيف الكهرومغناطيسي	331
1-7. تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية	331
2-7. مصادر التلوث الكهرومغناطيسي	335
3-7. محطات التليفون المحمول	338
4-7. الآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية	339
5-7. مكافحة التلوث الكهرومغناطيسي	345
قاموس المصطلحات العلمية	349
معلومات هامة مفيدة	393
المراجع	399



## المقدمة

ان الاهتمام بالبيئة المحيطة بالبشر قديم قدم الإنسان نفسه، فالإنسان لا ينفك عن الاحتياج إلى بيئته والتفاعل معها، والانشغال المتخصص بالبيئة والحفاظ على توازنها بالاستخلاف والعمارة.

وعندما نختار كيمياء التلوث البيئي موضوعا لكتاب يقدم لكافة قراء العربية من المتخصصين بمجال البيئة والتلوث البيئي والدراسات البيئية نكون قد تجاوبنا مع حاجة ملحة، لفهم الاطار الذي يعيش فيها الإنسان ويستمد منه كل مقومات حياته، ويتفاعل معه سلبا وإيجابا طيلة عمره القصير في هذه الحياة.

وكيمياء التلوث البيئي هو علم يدرس مكونات البيئة والتلوث البيئي من الناحية الكيميائية وتفاعلاتها وكذلك الطبيعة الكيميائية للملوثات البيئية والطرق الكيميائية لمعالجتها.

من وجهة نظر الكيمياء فإن البيئة تقسم إلى اربع مجالات هي: المجال الجوي، المجال المائي، المجال البري، المجال الحيوي. وتنتقل المواد الكيميائية بين هذه الاوساط بالتأثيرات الفيزيائية والكيميائية المختلفة وتسمى باسم الدورات البيوجيوكيميائية، كما تنتقل الطاقة بين الاوساط البيئية في مستويات مختلفة تعرف بدورة الطاقة في البيئة.

ان فكرة هذا الكتاب تنطلق من فهم لقضايا البيئة ومشكلاتها، حيث يقدم هذا الكتاب تحقيق موسع حول نظام المكونات المتغيرة الخواص والعناصر الطبيعية في البيئة، والروابط بين المكونات البيئية المتنوعة «الهواء، الماء، التربة.. وغيرها»، كما يوضح دور الكيمياء في توضيح العمليات الطبيعية ودور المواد التي تحيط بهذه الأنظمة. وطبيعة التلوث الكيميائي والتفاعلات الكيميائية المصاحبة لتلوث الهواء والماء والتربة وغيرها من المكونات البيئية.

## اهداف الكتاب:

يقدم هذا الكتاب هذا الموضوع المهم محققا الأهداف المرجوة منه من خلال:

- ◆ شرح مفهوم البيئة والنظام البيئي.
- ◆ اعطاء صورة كاملة عن الدورات البيوجيوكيميائية التي تحدث في الطبيعة كدورات النتروجين والفسفور والكبريت والكربون وطبيعة التفاعلات الكيميائية المصاحبة لها.
- ◆ شرح تركيب ومكونات التربة وخصائصها.
- ◆ شرح ملوثات التربة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية.
- ◆ شرح كيمياء الماء والملوثات المائية.
- ◆ شرح كيفية التحكم في التلوث المائي.
- ◆ شرح مكونات وخصائص الهواء النقي الغير ملوث.
- ◆ شرح الملوثات الهوائية الطبيعية ومصادرها.
- ◆ اعطاء صورة كاملة واضحة عن طبيعة وخصائص الانظمة البيئية مثل الهواء والماء والتربة.
- ◆ التعرف عن الملوثات المائية والهوائية وملوثات التربة وطرق مكافحة والحد من تلك الملوثات.
- ◆ دراسة التفاعلات الكيميائية المصاحبة والناجمة عن الانواع المختلفة من الملوثات البيئية، مثل كيمياء تلوث الهواء وكيمياء تلوث الماء والتلوث الكيميائي للتربة.
- ◆ دراسة صور مختلفة من التلوث البيئي المرتبطة بالتلوث الكيميائي مثل التلوث بالمواد المشعة.

**المستفيدون من هذا الكتاب:**

موضوعات الكتاب من الموضوعات الهامة التي تفيد العديد من المتخصصين والعاملين بالمجالات الآتية:

- المهندسين والكيميائيين والعلميين العاملين في مجال البيئة.
- الباحثين والدراسين في مجال تلوث الهواء والماء والتربة والتلوث البيئي.
- الباحثين والدراسين في مجال الجغرافية البيئية.
- الباحثين والدراسين في مجال دراسات تقييم الاثر البيئي.
- الاستشاريين في مجال حماية البيئة والمهتمين بمجال دراسات تقييم الاثر البيئي.

- المتخصصين بشئون البيئة في الشركات الصناعية والخدمية.
- المتخصصين بمعالجة التلوث الهوائي في المصانع.
- المتخصصين بالشئون البيئية في وزارات وهيئات حماية البيئة.
- المتخصصين بالتحكم في التلوث البيئي.
- المتخصصين بالصحة والسلامة المهنية في المجال الصناعي.

وقد تم اعداد الكتاب في سبعة فصول:

**الفصل الاول البيئة والانظمة البيئية.**

**الفصل الثاني كمياء التربة وتلوث التربة والبيئة الارضية.**

**الفصل الثالث كيمياء الماء والتلوث المائي للبيئة.**

**الفصل الرابع كيمياء الهواء والتلوث الهوائي للبيئة.**

**الفصل الخامس التلوث الضوضائي واثاره.**

**الفصل السادس التلوث الاشعاعي واثاره البيئية والصحية.**

**الفصل السابع التلوث الكهرومغناطيسي واثاره البيئية والصحية.**

**ثم قاموس المصطلحات العلمية والمراجع العربية والاجنبية.**

**الفصل الاول** وهو يتحدث عن البيئة وعلاقتها بالإنسان، مع شرح كثير من المفاهيم البيئية الشائعة مثل التنوع البيولوجي بالإضافة الي ذكر عناصر البيئة الطبيعية والاجتماعية والاحيائية والنظام البيئي ومكوناته الحية والغير حية والتوازن البيئي واختلاله والتلوث ومسبباته ومفهومه وانواعه.

بالإضافة الي الدورات الطبيعية لاهم مكونات البيئة مثل الدورة المائية ودورة الكربون ودورة النتروجين والفسفور والكبريت.

**الفصل الثاني** هذا الفصل يتناول بالشرح كيمياء التربة وتركيبها البيولوجي والعوامل المؤثرة عليها وتلوثها مبينا أهمية التربة وتنوعها البيولوجي و أصناف الأتربة وتركيبها الطبيعي، وعارضا اهم مصادر تلوث التربة الطبيعية كالانجراف، والمصادر الصناعية للتلوث التي سببها الإنسان مثل التلوث بالمبيدات والاسمدة الكيماوية والتلوث الأشعاعي واثر كل هذه الملوثات علي البيئة وعلي الإنسان، ثم كيفية التحكم في تلوث التربة، مع تناول للمعالجة الحيوية للتحكم في ملوثات التربة.

**الفصل الثالث** وهو يتحدث عن كيمياء الماء والتلوث المائي حيث يتناول الماء وطبيعته الكيماوية ودورة الماء الطبيعية والصناعية علي سطح الأرض وشارحا بالتفصيل تلوث الماء ومصادر هذا التلوث واسبابه وتأثيره علي الإنسان والبيئة وذكر بعض الانشطة الانسانية التي تؤثر علي البيئة مثل الاستزراع السمكي واصرف المخلفات السائلة للمستشفيات، بالإضافة الي شرح التحكم في تلوث الماء عن طريق معالجة كل من مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي الصناعي والمسح البيئي لمصادر المياه، مع التعرض للموارد المائية في الوطن العربي.



**الفصل الرابع** وهو يتناول بالشرح كيمياء الهواء ومكوناته وطبيعته والغلاف الجوي وطبقاته المتعددة وتلوث الهواء موضحا بالتفصيل ملوثات الهواء الكيميائية والملوثات الأولية والثانوية ومصادر هذا التلوث واثاره علي الإنسان والبيئة. والتحكم في تلوث الهواء والطرق المناسبة لخفض التلوث والتقليل من اثاره ومنظومة مكافحة التلوث الهوائي.

**الفصل الخامس** وهو يتحدث عن التلوث الضوضائي شارحا الصوت وشدته ومصادره وما هي الضوضاء ومصادرها الطبيعية والصناعية الي الشرح بالتفصيل لأنواع التلوث الضوضائي وتأثيراته العصبية والنفسية والتأثير علي السمع والتأثير علي انتاج العاملين. ثم مبينا الحماية وكيفية السيطرة علي التلوث الضوضائي مع ذكر حالة الضوضاء في مصر من حيث الأسباب والجهود المبذولة للحد منها.

**الفصل السادس** وهو يتناول التلوث الأشعاعي شارحا الأشعة وتصنيفها والنظائر المشعة وعمر المادة المشعة ونواتج تفكك المواد المشعة والمصادر المختلفة للتلوث بالمواد المشعة الطبيعية والصناعية. ومبينا كيفية انتقال المواد ذات النشاط الإشعاعي في البيئة والي الإنسان والآثار الحيوية للإشعاعات المؤينة بالإضافة الي دور الإشعاع في مجال البيئة. ثم اخيرا طرق السيطرة علي التلوث الأشعاعي.

**الفصل السابع** وهو يصف التلوث الكهرومغناطيسي موضحا طبيعة الطيف الكهرومغناطيسي ومصادر التلوث الكهرومغناطيسي الصادرة من الاجهزة المختلفة والتلوث الصادر من محطات التليفون المحمول والآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية وطرق تقليل التلوث الصادر من الاجهزة الكهرومغناطيسية.

كما يحتوي الكتاب علي عشرات الصور والرسوم البيانية والمخططات التوضيحية والجداول البيانية التي تبين وتوضح وتيسر فهم المادة العلمية وتعين علي شرح المصطلحات والمفاهيم العلمية.

وارجو من الله سبحانه وتعالى ان اكون وفقت في تناول هذا الموضوع الهام  
من خلال هذا العمل وان يكون هذا الكتاب نافعا للناس ومحفزا لهم لمزيد من البحث  
والدراسة في مجال كيمياء التلوث البيئي. وان يكون مفيدا ونافعا لكل من يقرأه من  
المتخصصين او الراغبين في التزود بالعلم والثقافة تحت شعار مزيد من الاصدارات  
العلمية الحديثة بلغتنا العربية الجميلة.

وعلى الله قصد السبيل

اللهم علمنا ما ينفعنا وانفعنا بما علمتنا وزدنا علما

أحمد السروي

استشاري معالجة المياه والدراسات البيئية

## إِفْضِلْكَ الْأَوَّلَ

# البيئة والأنظمة البيئية

1-1. مقدمة عن البيئة ومشكلاتها

2-1. الإنسان والأرض والبيئة

3-1. البيئة

4-1. الأغلفة المحيطة بالأرض

5-1. النظام البيئي

1-5-1. اتزان النظام البيئي

2-5-1. تدفق الطاقة داخل الأنظمة البيئية

3-5-1. دورة المواد داخل الأنظمة البيئية

6-1. إختلال التوازن البيئي

7-1. التنوع البيولوجي في البيئة

8-1. مفهوم التلوث البيئي

9-1. أنواع التلوث البيئي

10-1. دور الكيمياء في خدمة البيئة





## البيئة والأنظمة البيئية

### 1-1. مقدمة عن البيئة ومشكلاتها

من الملاحظ أن التطور التكنولوجي والاقتصادي الذي شهده العالم بعد الحرب العالمية الثانية قد جلب معه تغيرات كبيرة ايجابية لجودة الإنسان ورفاهيته، وفي نفس الوقت جلبت كثير من الافساد البيئي. وظهرت مشاكل التلوث البيئي في جميع دول العالم المتقدمة والنامية على السواء.

من أهم الأسباب التي أدت الي تفاقم المشكلات البيئية في العالم ما يلي:

- الزيادة الهائلة في عدد السكان وخاصة الدول النامية.
  - ازدياد الفجوة الغذائية لدى كثير من دول العالم النامي.
  - استنزاف الموارد الطبيعية بصورة شديدة من قبل الدول الصناعية.
  - التقدم الصناعي والتكنولوجي وانتاج مواد غريبة وجديدة علي البيئة لا تتحلل بسهولة.
  - اتباع اساليب الزراعة المكثفة وزيادة استخدام الاسمدة الكيماوية والمبيدات.
  - قلة او عدم معالجة المخلفات الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة.
  - حوادث نقل المواد السامة مثل تدفق البترول الى البحار والمحيطات بسبب حوادث الناقلات وابار النفط.
  - النقص في التخطيط والرقابة او سيادة التخطيط العشوائي وانعدام الرقابة.
  - كثرة اندلاع الحروب والنزاعات وحرائق الغابات.
- ومن أهم اهداف المحافظة على البيئة وصيانتها ما يلي:
- معالجة التلوث الناتج عن أنشطة الإنسان المختلفة الي درجة يمكن للبيئة من استعادة قدرتها علي التنقية الذاتية.

- تقليل استنزاف الموارد الطبيعية عن طريق ايجاد وسائل تقنية جديدة، واعادة الاستفادة من الموارد والبحث عن موارد بديلة.
  - المحافظة علي النباتات والحيوانات البرية وصيانة التنوع البيولوجي.
  - المحافظة علي رفع انتاجية الاراضي الزراعية والاراضي الرعوية وذلك بالحد من التوسع العمراني وانشاء الطرق في الاراضي الزراعية الجديدة.
  - تحميل مسيبي التلوث مسؤولية فعلهم والزامهم بمعالجة التلوث الناتج.
  - توعية المواطن باهمية حماية البيئة واقناعه بأنها ليست مسؤولية الدولة فقط بل مسئولية هو ايضا.
  - اتباع اساليب التخطيط البيئي والادارة البيئة السليمة في جميع الأنشطة البشرية.
  - تبادل المعلومات والخبرات والابحاث بين دول العالم في مجال البيئة.
  - استخدام مصادر بديلة للطاقة للحد من استنزاف البترول والفحم الحجري والطاقة النووية.
  - استعمال المواد الكيميائية القابلة للتحلل في البيئة بسهولة ولا تتراكم فيها.
- والجدول التالي يبين القضايا البيئية الرئيسية حسب توزيع الأقاليم

جدول 1-1

المناطق الحضرية	الغلاف الجوي	البحار والمناطق الساحلية	المياه العذبة	التنوع البيولوجي	الغابات	الأراضي	
التحول الحضري السريع للتغذية الصلبة إمدادات المياه والمرافق الصحية تلوث الهواء	نوعية الهواء التقلبات المناخية والصحة التغيرات المناخية الفيضانات والجفاف	تعرية وتدهور المناطق الساحلية التلوث التغير المناخي ارتفاع مستوى سطح البحر	فقدان موارد المياه ندرة وضغوط المياه الحصول على المياه الآمنة والمرافق الصحية	تدهور وفقدان الموائل تجارة لحوم حيوانات الغابة	إزالة الغابات تدهور النوعية	التدهور والتصحر الملكية غير المناسبة وغير العادلة	أفريقيا

المناطق الحضرية	الغلاف الجوي	البحار والمناطق الساحلية	المياه العذبة	التنوع البيولوجي	الغابات	الأراضي	
			تدهور نوعية المياه خسارة الأراضي الرطبة				
تلو الهواء إدارة النفايات إمدادات المياه والمرافق الصحية	نوعية الهواء استنزاف الأوزون انبعاث الغازات الدفينة والتغير المناخي	تدهور الموارد البحرية والمناطق الساحلية التلوث بسبب التنمية والتعدي الساحلي	ندرة المياه التلوث	فقدان الموائل تدهور وخسارة الغابات الأنواع المحلية	تدهور الغابات إزالة الغابات	تدهور التصحر تغيير أغراض الأراضي	آسيا والمحيط الهادي
نوعية الهواء التلوث بالمواد الكيميائية النفايات الصلبة	تلوث الهواء استنزاف الأوزون انبعاث الغازات الدفينة	تعرية السواحل التلوث	كمية ونوعية المياه السياسة والإطار التشريعي	التكثيف الزراعي الكثافات المحلية الجينات	فقدان الغابات الطبيعية تدهور الغابات الطبيعية إدارة الغابات المستدامة	استخدام الأراضي تدهور التربة والموارد المسامات والتلوث تعرية التربة	أوروبا
النفايات الصلبة إمدادات المياه والمرافق الصحية نوعية الهواء	تلوث الهواء استنزاف الأوزون نوعية الهواء	تحويل وتدمير الموائل التلوث الاستغلال المفرط للثروة السمكية	تناقص المياه المتاحة بالنسبة للفرد نوعية المياه	التدهور وفقدان الموائل الاستغلال المفرط للموارد والتجارة غير المشروعة	إزالة الغابات تدهور الغابات	تدهور الأراضي ملكية الأراضي	أمريكا اللاتينية والكاريبي
الضواحي الحضرية البصمة الإيكولوجية	استنزاف الأوزون غازات الدفينة وتغير المناخ	تحويل الأنظمة الإيكولوجية الهشة الاستغلال المفرط	المياه الجوفية نوعية مياه البحيرات العظمى	تدهور وتدمير الموائل لغزو البيولوجي	سلامة الغابات الغابات للبيئة	تدهور الأراضي المبيدات	أمريكا الشمالية

المناطق الحضرية	الغلاف الجوي	البحار والمناطق الساحلية	المياه العذبة	التنوع البيولوجي	الغابات	الأراضي	
		الموارد البحرية والساحلية « التلوث »					
« تحويل الأراضي » « النفايات الصلبة »	« استنزاف الأوزون » « تلوث الهواء » « تغير المناخ »	« التحول الحضري والتنمية الساحلية » « الاستغلال المفرط للموارد » « تلوث البحار »	« زيادة الطلب على المياه » « الاستغلال المفرط للمياه الجوفية » « نوعية المياه »	« التدهور وفقدان الموائل » « الاستغلال المفرط للأنواع »	« سلامة الغابات » « الاستغلال المفرط » « إدارة الغابات المستدامة »	« تدهور الأراضي » « تدهور الأراضي السهلية »	شرب آسيا
« المرافق الصحية » « النفايات » « التلوث »	« استنزاف الأوزون » « تلوث الهواء » « إلى مسافات بعيدة » « تغير المناخ »	« الاستغلال المفرط للثروة السمكية » « التلوث » « تغير المناخ »	« الأنواع المهددة » « التلوث »	« تغير المناخ » « استنزاف الأوزون » « الاستغلال المفرط »	« قضايا الغابات القطبية » « مهددات غابات للتندرا »	« التدهور » « التعرية » « تغير المناخ »	الأقاليم القطبية

## 1-2. الإنسان والأرض والبيئة

قبل أن يهبط الإنسان، على وجه الأرض، وقبل تتالي الأجيال المتعاقبة من ذريته من البشر، خلق الله الأرض وأعد لها لهم اعدادا متقنا وأبدع في خلقها ابداعا محكما، فلا عيب ولا نقص ولا فطور، وذلك لتلائم عيش بني الإنسان في أحسن حال وأفضل صحة،، فأنبث له الشجر والزرع، وأجرى له الانهار، وسخر له الليل والنهار، والشمس والقمر، وزوده بنعمة العقل، وجعل الطبيعة في خدمته، قال تعالى: "ألم نجعل الأرض مهادا والجبال أوتادا، وخلقناكم أزواجا، وجعلنا نومكم سباتا، وجعلنا الليل لباسا، وجعلنا النهار معاشا، وبنينا فوقكم سبعا شدادا، وجعلنا



سراجا وهاجا ، وأنزلنا من المعصرات ماءً ثجاجا ، لنخرج به حبا ونباتا ، وجنات ألفافا " [سورة النبا الآيات من 6 إلى 16].

ومن المفترض أن يعمر الإنسان هذه الأرض بالصلاح والخير وأن يحافظ على خيراتها ونعمها وبيئاتها المتوازنة لتظل أرضا صالحة لمعيشة الأجيال المتعاقبة من بنييه، ولتتعم بقية المخلوقات الحية الأخرى التي خلقها الله، بدون ريب، لخدمة الإنسان ورعايته والحفاظ على استمرارية تواجده على وجه الأرض، ولقد أوكل الله الإنسان لأن يكون حارسا أميناً على أملاكه ومودوعاته في أرضه، وأوصاه بأن يحافظ على الأمانات التي أودعها الله له في هذه الأرض، من طبيعة وكنوز وخيرات وثروات ولكنه لم يحافظ على هذه الأمانات، أبداً، بل انتهك حرمانها وعبث في مقدراتها ومكنوناتها ومركباتها وطبائعها، ولهذا أنزل الله قوله، في قرأه الحكيم، ينتقد سوء سلوك الإنسان وتصرفاته الخاطئة في مودوعات هذه الأرض وبيئاتها: "إنا عرضنا الأمانة على السموات والأرض والجبال فأشفقن من حملها وحملها الإنسان، إن الإنسان كان جهولاً" صدق الله العظيم. نعم، الإنسان جاهل بحكم الله وأسرار خلق هذا الكون وموجوداته، ومهما بلغت درجة تطوره في العلم والتقدم، فلن يعي ويدرك أهمية المحافظة على توازن موجودات الكون، ومن أهمها توازن بيئات الأرض الطبيعية. فهو سيظل جاهلاً بالعواقب الخطيرة التي تنتج من تخريبه البيئات الطبيعية على وجه الأرض، وبإصراره على جهله هذا، فإنه قد يدمر جميع ما على وجه الأرض من أنواع الحياة التي خلقها الله، فمتى يعي الإنسان ويدرك هذه المخاطر الحقيقية؟

كانت الطبيعة على وجه الأرض، قبل أن يفسدها الإنسان، عذراء تعج بالحياة الفطرية الجميلة التي تأسر قلب الإنسان وتسر ناظريه، وتبعث في نفسه البهجة والسعادة والحبور وكانت تعطيه كل ما يضيفو على صحته الهدوء والسلامة والمتانة والقوة، هواء نقي عليل يمنح الصحة والسعادة للبشر، كان وجهها مكسوا بغطاء نباتي أخضر يانع كثيف: غابات من الأشجار وحقول شاسعة من الورود والأزهار

والرياحين، التي تعطر بأعباقتها نسيم الهواء العليل الذي يداعب شعور العذارى ويرسله على وجوههن يمنة ويسرى، فيمتلئن حيوية ويزددن جمالا، بحار ومحيطات تزخر بالخيرات وأرزاق العيش، شواطئ بحار مكسوة برمال ذهبية، تتكسر عليها أمواج ماء نقي رقيق، شلالات هادرة بالمياه تتهمر بقوة من قمم الجبل لتشق الأرض وتصنع أنهارا تجري فيها مياه صافية عذبة، لتبعث الحياة على جنباتها، تروي بمياهها كل ما تصادفه في طريقها من البشر والحيوانات والمزروعات المجاورة لصفاف هذه الأنهر، جبال سفوحها مكسوة بزرابي خضر يانعة وأشجار باسقة، عيون جوفية تتفجر منها مياه عذبة، لا ملوحة فيها ولا مرارة، أمطار تهطل من السماء، بإذن الله، لا حمضية ولا قلوية، أنه غيث وفير يسقي الزروع فتتمو وتشمخ بسيقانها وغصونها وأوراقها اليناعة الخضار لعنان السماء في أرض خصبة غير محتاجة لمركبات كيميائية أو هرمونات صناعية، نباتات تحمل عناقيدها ثمارا يانعة ذات مذاق عذب يسيل لها اللعاب عند رؤيتها. تروي وترم الأجسام بمكوناتها المغذية، حزام رصين خلقه الله حول الأرض ليحمي، بإذن الله تعالى، من شرور وغوائل الإشعاعات الشمسية والإشعاعات الكونية التي، بعض أنواعها، عندما تصل وجه الأرض تضر بكل كائن حي: سواء كان الإنسان أم الحيوان أم النبات، أو أي نوع من الحياة !

هذا، تماما، ماكانت عليه الأرض، قبل بدء الحياة العصرية وتمدن الإنسان وانتشار اختراعه العصرية التي نواتجها الثانوية لوثت البيئات وأحدثت اضطرابا في توازن الطبيعي لطبيعة البيئات، أنها كانت حياة طبيعية فطرية متوازنة تماما بانضباط: نواميس وديساتير إلهية أودعها الله فيها قبل عبث الإنسان في معادلاتها، قوانين أودعها الله تعالى، في الأرض بما يصلح وما يضر لخلقه، توازن بيئي دقيق يضمن الأمن والصحة الراقية للبشر، ولكن الإنسان لم يدرك قيمة هذا التوازن البيئي الرصين ولم يصن عهده مع الله، فعبث في بيئات الأرض التي كانت متناسقة، وأفسد كل شيء جميل في الأرض وعليها وفوقها. فمرة باسم تسخير البيئة

القاسية لتلائم حياة الإنسان العصرية، وتارة باسم تذليل الصعوبات التي تعترض حياة الإنسان، وتارة باسم التوسع العمراني ليواكب النمو البشري المطرد، وتارة أخرى باسم زيادة الإنتاج ورفع مستويات الاقتصاد الوطني، لتنمية وتطوير الاوطان، وتارة أخرى باسم التقدم وتطوير العلوم والتكنولوجيات وتطوير وانتاج المخترعات، والأمر الأدهى والأمر هو أن يكون تخريب الأرض وتلويثها وافسادها باسم الردع وصد الأعداء وحماية الاوطان، ولهذا اخترع وانتج الإنسان أسلحة للدمار الشامل، التي تبيد جميع أنواع الحياة !! بعضها يسمى سلاح نووي وآخر يسمى بيولوجي وثالث كيميائي. انفجارات نووية مقصودة هنا وأخرى عرضية او حادثة هناك، خصومات مستعصية على الحل بين أقطار وأمم وشعوب متعادية ومتطاحنة، يلجأ لحلها أحيانا برمي القنابل النووية او الجرثومية او قنابل الغازات السامة التي تبيد ما تلاقيه في وجهها من جميع متنوعات الحياة، لا تفرق بين صغير او كبير ولا بين رجل او امرأة و لا بين إنسان مسيء وآخر بريء، ولا تفرق بين عدو و صديق او بين بالغ كبير وطفل رضيع، وهي أيضا لا تفرق بين غني وفقير، وهي أي لا تميز بين الإنسان والحيوان والنبات، تبيد كل كائن حي تلاقيه في طريقها.

ومن امثلة الافساد الشديد في الأرض القنبلتين اللتين رميتا على مدينتي: هوريشما ونجازاكي في اليابان؟ قنبلتان ذريتان أبادتا جميع أنواع الحياة والعمران من على وجه أرضي هاتين المدينتين الجميلتين وأحالتا أرضيهما إلى أرضين جرداويتين قاحلتين عقيمتين، لن تنتج حياة ولن تصلح لعيش، بالرغم من مضي عشرات السنين على المأساة ! مخترعوها ومنتجوها يتباهون بتسميتها: " أسلحة تدمير شامل "، لأنها تبيد كل شيء تصادفه في طريقها سواء كان ذلك بشرا او شجرة او حيوانا او حتى دودة تزحف على الأرض: أسلحة لا تبقى ولا تذر !! وحتى يحافظوا على العمران والمصانع يفكر المفسدون في الأرض، اليوم، في اختراع سلاح تدمير شامل من نوع جديد يفني كل كائن حي يصادفه ولكنه يبقى



على البنايات الخرسانية الخرساء والمصانع الحديدية الجامدة والورش المميكنة البلهاء ومعامل تكرير النفط ومضخات نقل النفط قائمة دون تلف وضرر، اخترعوا لتحقيق ذلك الهدف قنابل يسمونها: "القنبلة النيترونية". لماذا كل هذا الإجرام المقصود ضد الطبيعة والبشر والحياة، هل المباني الخرساء أغلى وأهم من الإنسان؟ لكنه تيه الإنسان الذي لا يسره ألا أن يتباهى بعبثه وطغيانه وافساده في تغيير ما خلق الله له، ولا عجب أن يأتي يوم يدمر فيه المتحضرون الماديون حضارتهم المتألفة بأيديهم كما بنوها بأيديهم، كما حدث لأقوام من قبلهم كما ذكر ذلك الله تعالى في كتابه المجيد، وهذا، بدون أدنى ريب، سيكون، إن حدث، عقاباً لهم، في الدنيا، على طغيانهم وافسادهم اوجه الحياة على وجه الأرض، أما في الآخرة فعقابهم سيكون أشد وأمر.

ونتيجة لهذه المبررات المادية الواهية، اجتثت الغابات الخضراء الكثيفة في كثير من بقاع العالم، وحولوا باجتثاث الأشجار وجه الأرض الأخضر إلى صحاري جرداء مقفرة، وتسببوا في اختلال دورة الأكسجين في الغلاف الجوي، وارتقاع نسبة الغازات السامة في الهواء الذي يتنفسه الإنسان والحيوان والنبات على السواء، ورفعوا بذلك درجات حرارة الأرض في شتى بقاع الأرض، وأخلوا بدورات الطقس المتوازنة، والأمر لم يتوقف عند هذا الحد، بل إندثرت مع اجتثاث الغابات الكبيرة كثير من أنواع الحياة الحيوانية التي خلقها الله لتحديث التوازن البيئي الهام التي لا تصلح الأرض للعيش عليها إلا بوجودها. فعندما تتدثر أنواع كثيرة من الحياة الحيوانية والنباتية بسبب جور الإنسان واعتدائه عليها، حدث خلل كبير في التوازن البيئي أدى إلى ضرر كبير بجودة عيش المخلوقات على الأرض. لم يتوقف الإنسان عند هذا بل نشر في الأرض كثير من أنواع الملوثات البيئية التي لم تكن موجودة أصلاً عندما أعد الله الأرض لعيش الإنسان والمخلوقات الحية الأخرى على وجهها.



### 1-3. البيئة Environment

في السنوات الاخيرة شاع استخدام لفظة البيئة وكثيرا ما افرد الناس في استخدامها، فكثيرا ما نسمع البيئة الثقافية والبيئة الاجتماعية والبيئة الحضرية والبيئة المائية وبيئة العمل... الي اخره من الاستخدامات الشائعة، حتي يظن البعض ان هذه الكلمة ترتبط بجميع الحياة.

وبالرغم من ذلك فإن المفهوم الدقيق لهذه الكلمة لايزال غامضا للكثيرين، لاسيما أنه ليس هناك تعريف واحد محدد يبين ماهية البيئة، ويحدد مجالاتها المتعددة.

كما قد يقصد بالبيئة مجازيا اولئك الناس الذين يعيشون فيها. كما يمكن ان يعني بالبيئة كافة المخلوقات والاشياء التي تشاركنا المواضع والاماكن التي نعيش فيها، كالحوانات والنباتات والهواء والماء والصخور.

اما البيئة في المعاجم الانجليزية (Environment) فهي تعني مجموعة العوامل والظروف والمؤثرات الخارجية التي لها تأثير في حياه الكائنات (بما فيها الإنسان) كما يمكن تعريف البيئة بأنها الوسط او المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي او غيره من المخلوقات وهي تشكل في معناها مجموعة الظروف والعوامل التي تساعد الكائن الحي علي بقاؤه وداوم حياته. والبيئة لفظ دارج شائع الاستخدام يرتبط مفهومها بنوع العلاقة بينها وبين المستفيد منها من الكائنات الحية، فرحم الام بيئة كما ان البيت بيئة، واليابسة والأنهار والبحار بيئة، والازهار والاشجار بيئة وكل ما يحيط بالكائن الحي ويستمد منه ضرورات حياته بيئة. اما البيئة بمفهومها الواسع فيمكن تقسيمها الي الاقسام التالية:

◇ البيئة الطبيعية

◇ البيئة الصناعية

◇ البيئة الاجتماعية

◇ البيئة الاقتصادية

◇ البيئة الجمالية

## 1- البيئة الطبيعية وتتضمن كل من:

أ- الأرض بما في ذلك:

● الشكل الخارجي لسطح الأرض.

● التربة (تركيبها ومكوناتها - خصائصها المختلفة)

● التكوين الجيولوجي بما في ذلك من المياه الجوفية والمحتوي المعدني.

ب- المسطحات المائية (بما في ذلك من بحار ومحيطات وأنهار وبحيرات)

وما تحويه من كائنات حية وعوامل غير حية.

ج- الغطاء النباتي (حجمه ونوعيته) والحيوانات البرية داخل منظومته.

د- المناخ (الأمطار والرياح واتجاهاتها وشدتها - معدلات الحرارة-

الرطوبة - الضوء وغيرها).

## 2- البيئة الصناعية وتشتمل على:

أ - استعمالات الاراضي المحيطة:

● نوعية الاستعمال (سكني - صناعي - تجاري - خدمات).

● الكثافة السكانية في المناطق.

● نوع المباني (ارتفاعها - تصميمها) وكثافتها.

ب- البنية التحتية والخدمات العامة:

● امدادات المياه من حيث والنوعية والكمية.

● إدارة النفايات الصلبة والسائلة.

● تصريف مياه الأمطار والمجاري.

● مصادر الطاقة المستخدمة (فحم حجري- كهرباء- طاقة ذرية- نبط

خام - غاز طبيعي- رياح - طاقة شمسية).

● الخدمات العامة (النقل - الطرق - اماكن انتظار السيارات- المطارات)

ج- مستوى تلوث الهواء:

- نوع وحجم الملوثات الهوائية.
- الظروف الخاصة بالموقع (المناخ السائد - التضاريس...).
- مصادر تلوث الهواء في المنطقة.

د- علي مستوى تلوث المياه:

- مصادر المياه الجوفية والسطحية في المنطقة ونوعيتها.
- مصادر تلوث المياه الجوفية والسطحية في المنطقة وطبيعة وتركيز الملوثات.

- استعمال ونقل المبيدات والاسمدة وانواعها.
- طرق صرف ومعالجة المياه المستخدمة.
- طرق ومناطق معالجة النفايات الصلبة.

هـ- علي مستوى الضوضاء:

- مصادر الضوضاء في المنطقة (حركة السير - مطارات - سكة حديد - طرق برية).
- كثافة ونوع مصادر الضوضاء في المنطقة.

3- البيئة الاجتماعية وتشتمل علي:

أ- الخدمات الاجتماعية العامة ومنها:

- مواقع المدارس ومعدل استيعابها وانواعها.
- المتنزهات والخدمات الترفيهية والترفيهية.
- الخدمات الصحية - الدفاع المدني - الشرطة.

ب- مناطق العمل والتجارة

ج- الخصائص الاجتماعية للسكان

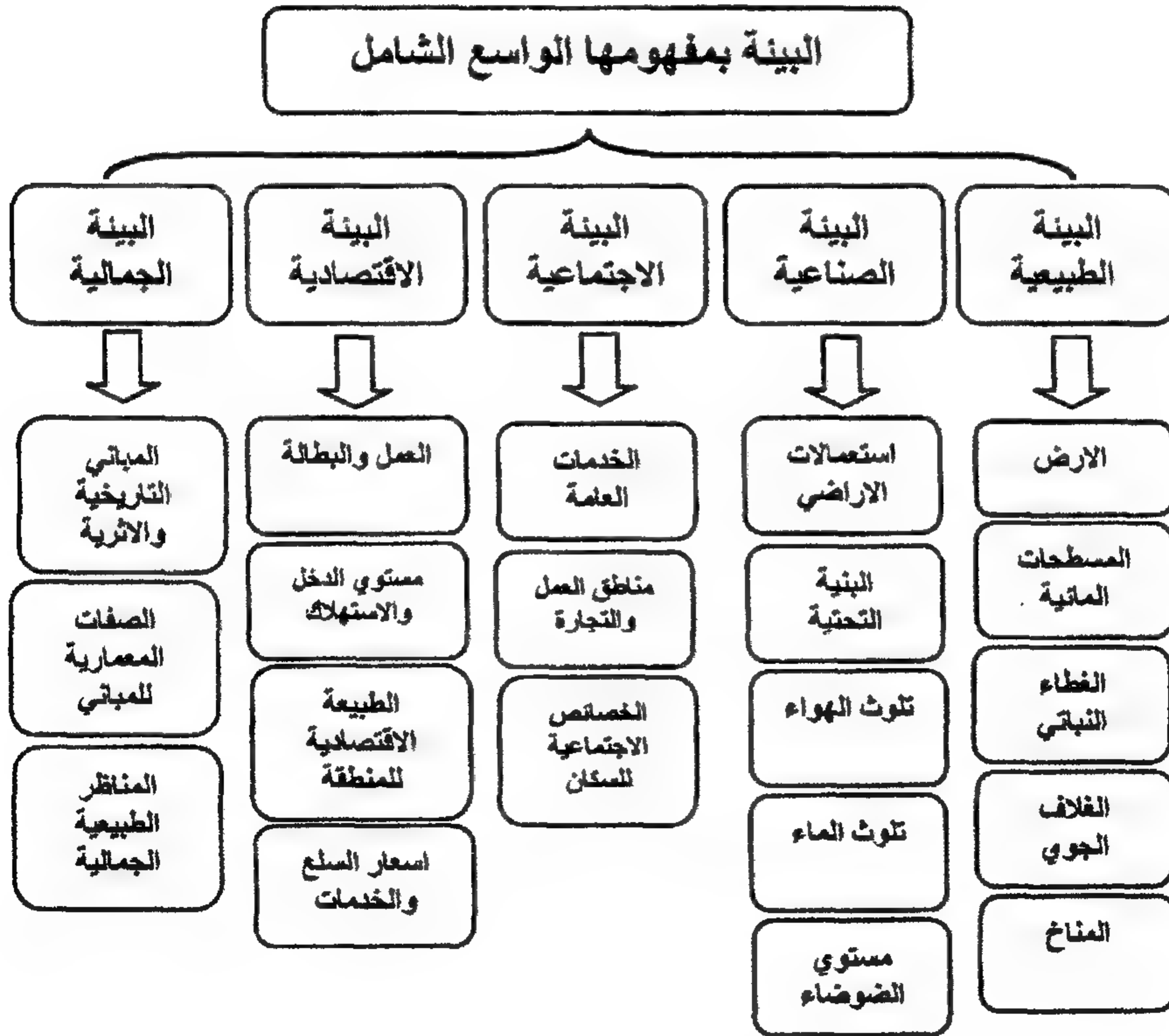
- اماكن تجمعهم ونشاطهم وادارتهم.
- كثافة السكان وتوزعهم.
- ظروف الاسكان.

#### 4- البيئة الاقتصادية وتشتمل علي:

- العمل والبطالة
- مستوى الدخل وطبيعة ونوعية الاستهلاك.
- الطبيعة الاقتصادية للمنطقة.
- اسعار السلع والخدمات.

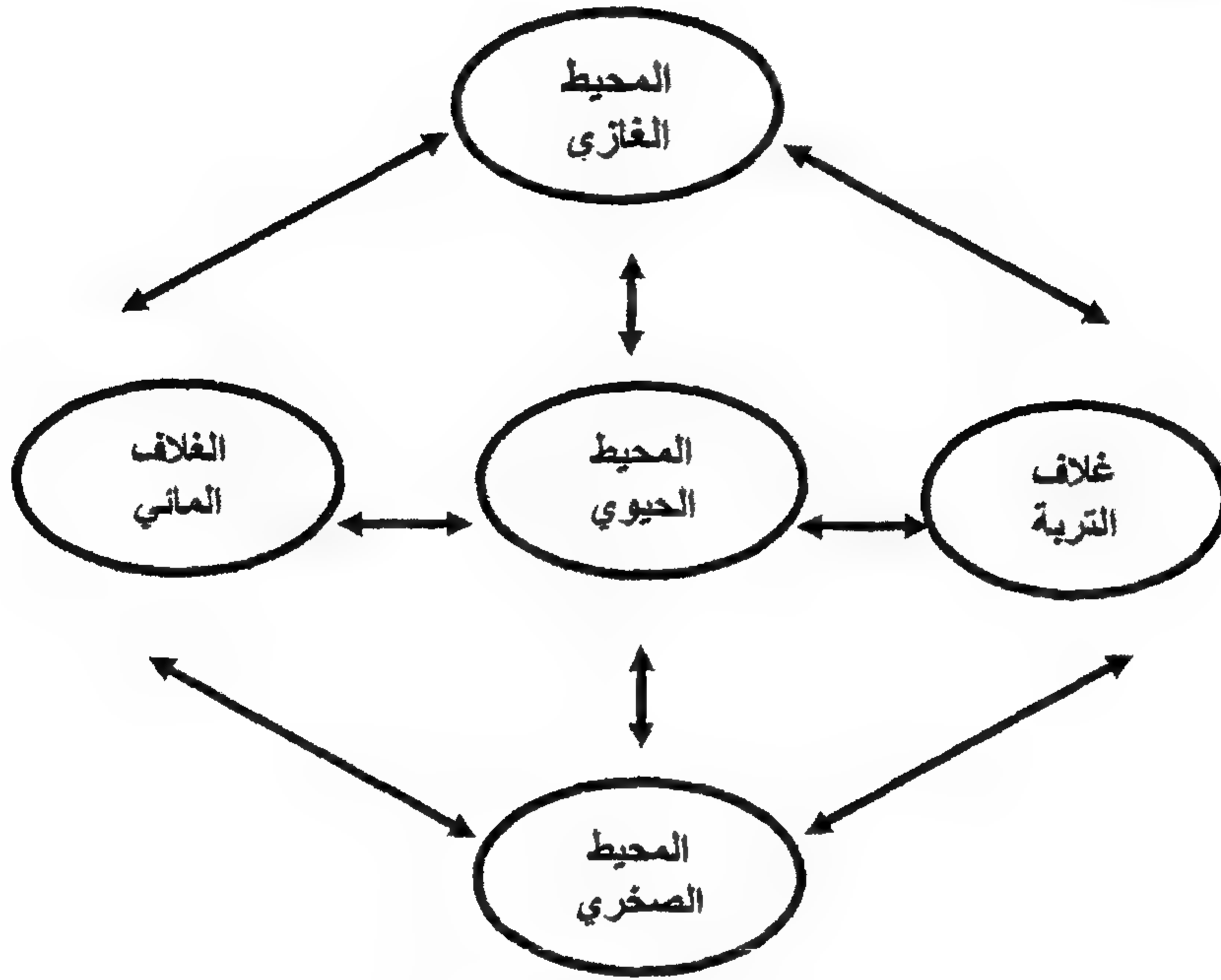
#### 5- البيئة الجمالية وتشمل:

- المباني التاريخية والاثرية واماكن التراث الوطني.
- الصفات المعمارية للمباني
- المناظر الطبيعية الجميلة.



شكل 1-1 مخطط للبيئة بمفهومها الواسع

ويشكل المحيط أو الاطار الحيوي الذي تعيش وتتفاعل فيه الكائنات الحية المختلفة نظاما متوازنا يتكون من تداخل او تفاعل اغلفة الكرة الأرضية، وهي الغلاف الغازي والغلاف المائي والغلاف الصخري وغلاف التربة كما يوضح الشكل التالي.



شكل 1-2 أغلفة الكرة الأرضية

#### 1-4. الأغلفة المحيطة بالأرض

أولاً: الغلاف الجوي (الغازي) Atmosphere

وتطلق هذه التسمية على طبقة الغازات المحيطة بالكرة الأرضية ويبلغ سمكها 10,000 كم.

تركيبه: يتكون من غاز النيتروجين بنسبة 78% وغاز الأكسجين بنسبة 20% وغازات أخرى مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.



## ● أصله:

تكون من الغازات المنبعثة من البراكين وكان في البداية غنيا ببخار الماء واول وثاني أكسيد الكربون وبعد ظهور النباتات وبواسطة عملية التمثيل الضوئي ازدادت نسبة الأكسجين في الجو.

## ● أهميته:

- 1- يلعب دوراً رئيسياً في العمليات الجيولوجية الخارجية بعناصره الأساسية من حرارة ورطوبة وضغط جوي ورياح.
- 2- يعمل كدرع واق يحمي الأحياء على سطح الأرض من تأثير الأشعة الضارة والنيازك.
- 3- يحافظ على درجة حرارة الأرض حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء الكثير من حرارة الشمس.
- 4- يعمل على حفظ حرارة الأرض ليلاً ومنعها من التسرب للفضاء الخارجي.
- 5- يحوي غاز الأكسجين اللازم للحياة وغاز ثاني أكسيد الكربون اللازم للنبات.
- 6- بدون الغلاف الجوي لن تنتقل الموجات الصوتية ولن تكون السماء زرقاء ومضيئة نهاراً.
- 7- يحفظ بخار الماء من التسرب خارج الغلاف ويرجعه كاملاً إلى الأرض ولولاه لجفت الأرض، وتتكون فيه السحب والأمطار.

## ثانياً: الغلاف المائي

وتطلق هذه التسمية على طبقة المياه التي تحيط بالأرض سواء كانت مياه سائلة أو ثلجات أو بخار ماء ولو كان سطح الأرض مستويا لغلفه الماء بسمك 3 كم.

## ● أصله:

كانت الأرض في البداية بلا ماء وكان الماء موجودا على شكل أبخرة انطلقت من البراكين وملأت جو الأرض لملايين السنين بسبب ارتفاع درجة الحرارة وعندما بردت الأرض تكثف بخار الماء وتساقطت المياه على الأرض ويعتقد أن مياه البحار والمحيطات كانت في البداية عذبة ثم ازدادت ملوحتها تدريجيا وذلك من مصدرين:

1- املاح الصخور المذابة بواسطة الأنهار والسيول والمياه الجوفية بالعمليات الجيولوجية المختلفة.

2- الأملاح التي تنطلق من البراكين في قيعان المحيطات.

## ● توزيعه:

1- مياه البحار والمحيطات: وتكون حوالي 97% من مياه الأرض حيث تغطي ما مساحته 71% من سطح الكرة الأرضية ولهذا السبب سميت بالكرة الزرقاء وهي الكوكب الوحيد الذي يتواجد به ماء سائل، ويتميز نصف الكرة الشمالي بشيوع اليابسة فيه ونصف الكرة الجنوبي بشيوع الماء فيه.

مياه البحار والمحيطات مالحة ومعدل ملوحتها العام 3،5% ويتواجد بها 85 عنصر من العناصر الكيميائية.

وعلى سبيل المثال يحتوي الكيلومتر المكعب الواحد من هذه المياه على 17 كجم من الذهب، 4 كجم من المغنيسيوم وكمية من ملح الطعام تكفي العالم سنتين وكميات هائلة من الكالسيوم والكبريت والبوتاسيوم والألمونيوم واليود والنيكل والكروم وغيرها.

2- مياه الثلجات: وتكون 2،5% من حجم الغلاف وتتواجد على القطبين وقمم الجبال وهي مياه عذبة و70% من الماء العذب يوجد في القطب الجنوبي.

3- الباقي عبارة عن مياه الأنهار والبحيرات والمستنقعات والمياه الجوفية.

كمية المياه على كوكب الأرض ثابتة تقريبا تحكمها دورة تسمى بدورة الماء حيث يتبخر جزء من المياه المعرضة للجو ويرتفع البخار الى أعلى فتتخفض درجة حرارته ويتكثف مكونا السحب التي تسقط مطرا فتغذي الأنهار والبحار والمحيطات والمياه الجوفية مرة أخرى.

### ثالثاً: الغلاف الحيوي Biosphere

وتطلق هذه التسمية على النطاق المسكون بالحياة وهو في الحقيقة يشمل اجزاءا من الأغلفة الأخرى فهناك كائنات تعيش على ارتفاع 6 كم في الغلاف الجوي وكائنات تعيش على عمق 10 كم في الغلاف المائي، وهناك حوالي 30 مليون نوع من الكائنات الحية على الأرض وكوكبنا هو الوحيد بين كواكب المجموعة الشمسية التي يصلح لأن تنشأ عليه حياة لعدة أسباب أهمها:

- 1- وجود الماء السائل "وجعلنا من الماء كل شيء حي".
- 2- التركيب الكيميائي الدقيق للهواء الجوي فمثلا لو كانت نسبة الأكسجين أعلى قليلا لأحترق الكوكب.
- 3- درجة الحرارة المناسبة التي تحققت من وجود الغلاف الجوي والبعد المناسب عن الشمس.
- 4- الوضع الآمن الذي تحقق لها من وجود قمر كبير يصد عنه النيازك ووجود غلاف مغناطيسي قوي وطبقة الأوزون يحجبان الأشعة الضارة عنه.
- 5- وجود قمر كبير للأرض يعزى له الفضل في استقرار دوران الأرض.
- 6- وحجم كوكب الأرض مناسب فعلا للحياة فمثلا لو كان أقل حجما ستكون جاذبيته ضعيفة وفقد غلافه الجوي ولو كان اكبر ستكون جاذبيته عالية وغلافه شديد الكثافة.

### ● أهميته من الناحية الجيولوجية:

- 1- له دور بناء في تكوين الأحجار العنصرية والشعاب المرجانية والفحم والفوسفات والغاز والبتروول.

2- له دور هدام في تكسير الصخور وتفتيت التربة مثلما تفعل جذور الأشجار والحيوانات الحفارة والإنسان.

والقطاع الحي من الغلاف الحيوي يشمل:

- الأحياء المنتجة: وهي النباتات القادرة على امتصاص غذائها من مادة غير عضوية، وبعض أنواع البكتيريا. وتسمى الكائنات المنتجة في نفسها Autotrophic؛ لأنها تستخدم الطاقة الشمسية، في التمثيل الضوئي، في إنتاج مركبات عضوية وبروتوبلازما، من ثاني أكسيد الكربون والماء.
- الكائنات المستهلكة الكبيرة: وهي التي لا تصنع غذاءها بنفسها، بل تستهلك كائنات عضوية أخرى، من أشجار وحيوانات. وهي تقسم إلى قسمين:
- كائنات تميل إلى قتل فريستها والتهامها.
- كائنات صغيرة، تعيش في داخل كائنات أكبر منها أو حولها.
- الكائنات المستهلكة الدقيقة: كالبكتيريا التي تحلل بقايا الحيوانات والنباتات الميتة.

والنظام الأيكولوجي، من وجهة النظر الجغرافية، جزء من التركيب الطبيعي للطبقة الحية؛ فالغابة، مثلاً، ليست مجموعة من الأحياء فقط، بل على أرضها عدد من العناصر الطبيعية الأخرى. والأنظمة الأيكولوجية، أنظمة إنتاج للموارد الطبيعية؛ فالغذاء والوقود... وغيرها، منتجات للأنظمة الأيكولوجية؛ فهي مكونات عضوية، خزنتها الأحياء، في خلال استهلاكها للطاقة، المستمدة، أصلاً، من الشمس. ومن المهم صرف جزء من العناية لأثر المناخ على الأنظمة الأيكولوجية لما لذلك من أهمية في شرح الأنماط الأرضية المتعددة للنظم الأيكولوجية في العالم. إن مدخلات النظم الأيكولوجية، من المادة والطاقة، تستهلك في البناء البيولوجي، وإعادة إنتاج الطاقة، والمحافظة على المستويات الضرورية من الطاقة الداخلية. وهما، في الوقت عينه، من مخرجات تلك النظم نفسها. ولهذه النظم آلية تحقق توازناً بين مختلف العمليات والأنشطة الداخلية؛ وهو، في معظم الأحوال، شديد التأثير بالمتغيرات الخارجية.





- العناصر الكيميائية من مغذيات نباتية وملوثات.
- المواد غير العضوية مثل النتروجين والكبريت والفسفور وغيرها.
- المواد العضوية مثل البروتينات والدهون والكربوهيدرات.

وتتميز المكونات الحية للنظام بوجود مظاهر الحياة مثل الحصول علي الغذاء والنمو والتكاثر والتنفس. وتشمل هذه المكونات جميع الكائنات الحية من انسان وحيوان ونبات وكائنات حية دقيقة ويمكن تصنيف الكائنات الحية حسب طريقة تغذيتها الي:

### 1- كائنات حية منتجة Producers

وهي كائنات حية ذاتية التغذية Autotrophic organisms وهي الكائنات الخضراء التي تتنوع من الطحالب الخضراء بكل انواعها الي الاشجار الضخمة المختلفة، ولهذه النباتات سواء البرية او المائية القدرة علي انتاج غذائها بنفسها، حيث تقوم بعملية التمثيل الضوئي تحول ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من التربة إلى مركبات عضوية التي تحتاجها النباتات نفسها او كائنات حية أخرى في النظام البيئي وعلى هذا فإن النبات كائن منتج.

والمركبات التي تنتجها النباتات هي مركبات عضوية تحتاجها وتبني منها اجسامها (مثل المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات وغيرها)، وتعطي هذه الخاصية لهذه النباتات نوعا من الاستقلال عن كل ما حولها من كائنات، ولكنها مع ذلك لا تستطيع ان تستغني عن اعتمادها عن العناصر الطبيعية غير الحية مثل الاملاح المعدنية الضرورية والمغذيات الصغرى والكبرى.

### 2- كائنات حية مستهلكة Consumers

وهي كائنات حية غير ذاتية التغذية Heterotrophic organisms وتتكون من الحيوانات بانواعها المختلفة، فلا تستطيع هذه الحيوانات ان تصنع غذائها بنفسها بل تعتمد علي غيرها في ذلك، والكائنات المستهلكة درجات منها الاولى والثانوي

والثالثي، فالمستهلك الذي يعتمد على المنتج (النبات) الحيوانات أكلة الأعشاب Herbivores (مثل البقر والماعز) هي مستهلك أولي لهذه النباتات لأنها تتغذى عليها بصفة رئيسية، الحيوانات أكلة اللحوم Carnivores (مثل الإنسان والحيوانات الأخرى أكلة اللحوم) هي مستهلك ثانوي لأنها تأكل الحيوانات أكلة الأعشاب، وفي كل الحالات تقوم هذه الحيوانات باستهلاك ما تنتجه الكائنات المنتجة.

### 3- كائنات حية محللة (المحللات) Decomposers

وتشمل كل ما يتسبب في تحلل مكونات البيئة الطبيعية المحيطة بها، وتشمل كائنات التحلل البكتريا والفطريات والحشرات وهي تحلل المنتجات الميتة (اجسام النباتات والحيوانات الميتة) إلى عناصرها الكيميائية وإعادتها للنظام البيئي ليتم إعادة استخدامها ثانية بواسطة عناصر الانتاج.

وتصنف المحللات حسب متطلباتها من الأكسجين إلى ثلاثة أنواع:

- الكائنات المحللة الهوائية Aerobes

وتحتاج هذه الكائنات المحللة إلى الأكسجين لاستمرار حياتها ونشاطها.

- الكائنات المحللة اللا هوائية Anaerobes

وتحتاج لاستمرار حياتها ونشاطها، وسطا لا يتوفر فيه الأكسجين (مثل بكتريا الميثان).

- الكائنات المحللة الاختيارية Facultative Anaerobes

وهي كائنات تستطيع أن تكيف نفسها حسب الوسط الذي تعيش فيه، فإذا توفر الأكسجين كانت هوائية، وإذا انعدم أصبحت لا هوائية، مثل بكتريا التربة Aerobacter.

### 1-5-1. ائزان النظام البيئي

من الضروري لاستمرار الحياة ان يكون هناك ائزان للانظمة البيئة الموجودة في الغلاف الحيوي بمعنى ان يكون هناك ائزان في الدورات الغذائية الأساسية

والمسالك المتداخلة للطاقة داخل هذه الأنظمة البيئية أو داخل أي نظام بيئي محدود بحيث يكون هناك اتزان بين الانتاج والاستهلاك والتحلل. ولكي يتم هذا الاتزان لابد من ان يكون هناك تعادل بين مستوي المدخلات الآتية من الوسط المحيط كالطاقة الشمسية وثنائي أكسيد الكربون والأكسجين والماء والعناصر الغذائية، والمخرجات من الوسط المحيط مثل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والماء والعناصر الغذائية والطاقة الحرارية المفقودة من عمليات التنفس.

وهناك علاقة وثيقة بين العناصر الطبيعية والحياتية الموجودة حول وداخل سطح الكرة الأرضية ومكوناتها المختلفة. تبرز من خلال عمليات وعلاقات وظيفية معقدة ترتبط جميعها بما يسمى بالنظام البيئي. فالنظام البيئي يعرف علي أنه التفاعل المنظم والمستمر بين عناصر البيئة الحية وغير الحية، وما يولد هذا التفاعل من توازن واتزان. أما التوازن البيئي فيعرف علي أنه قدرة البيئة الطبيعية علي اعادة وحفظ استمرارية الحياة دون مشكلات او مخاطر تمس الكائنات الحية وخاصة الإنسان الكائن الفريد علي سطح كوكب الأرض.

ولعل التوازن البيئي علي سطح الأرض ما هو الا جزء من التوازن الدقيق في نظام الكون، وهذا يعني ان عناصر ومكونات البيئة تحافظ علي وجودها ونسبها المحددة كما اوجدها الله عز وجل. ولكن الإنسان بلغ تأثيره علي بيئته مراحل تتدرب بالخطر وهذا الخطر قد يهدد وجوده نفسه، اذ تجاوز في بعض الاحوال قدرة النظم البيئية علي احتمال هذه التغيرات، واحداث اختلالات بيئية تهدد حياة الإنسان وبقائه علي سطح الأرض.

لفهم النظام البيئي يركز العلماء في ابحاثهم علي تدفق الطاقة ودوران المواد خلال الأنظمة البيئية، ويدّعي علماء البيئة الذين يحاولون أن يربطوا بين العوامل (العناصر) الحية والعناصر غير الحية ويحللوا الأنشطة الكثيرة الفيزيائية والكيميائية المختلفة في بيئة ما علماء الأنظمة البيئية.

وفي بعض الأحيان يستخدمون حواسيب دقيقة لتساعدهم على فهم نتائج الأبحاث التي حصلوا عليها.

### 1-5-2. تدفق الطاقة داخل الانظمة البيئية

يرتب علماء البيئة العناصر التي تكون أو تؤثر في النظام البيئي في ستة أجزاء رئيسية، تعتمد على تدفق الطاقة، والمواد المغذية خلال النظام:

◊ الشمس.

◊ المواد غير الأحيائية.

◊ الكائنات المنتجة الاولى.

◊ الكائنات المستهلكة الاولى.

◊ الكائنات المستهلكة الثانوية.

◊ المحلات أو المفككات.

وفي هذه السطور يمكن أن يوجد شكل مبسط للنظام البيئي.

تمد الشمس الكائنات المنتجة الاولى بالطاقة التي تحتاج إليها لصنع الطعام. وتتكون الكائنات الاولى بصفة رئيسية من النباتات الخضراء مثل العشب والأشجار التي تصنع الغذاء من خلال عملية التركيب الضوئي.

وتحتاج النباتات أيضاً مواد لحيوية مثل الفوسفور والماء لتنمو. وتتضمن الكائنات المستهلكة الاولى الجرذان والأرانب والجناب والحيوانات الأخرى آكلة العشب.

وتأكل الثعالب وحيوانات ابن عرس والكائنات المستهلكة الثانوية الأخرى - أو الكائنات المفترسة - الحيوانات. وتكسر المحلات مثل البكتيريا والفطريات النباتات والحيوانات الميتة إلى مواد مغذية بسيطة. وترجع المواد المغذية ثانية إلى التربة، وتستخدمها النباتات مرة أخرى.



ويطلق على سلسلة المراحل التي تمر بها الطاقة على هيئة طعام، السلسلة الغذائية. ومن المفروض أن تكون السلسلة الغذائية البسيطة واحدة حيث يكون فيها العشب هو المنتج الأولي، ثم يأكل العشب الكائن المسمى المستهلك الأولي مثل الأرنب. ثم يأكل المستهلك الثانوي مثل الثعلب أو الصقر بدوره الأرنب، وتكسر البكتيريا المحللة البقايا الميتة التي لم تؤكل من الأعشاب والأرانب والثعالب والصقور، وأيضاً فضلات الأجسام التي تنتجها الحيوانات في السلسلة الغذائية.

تملك معظم الأنظمة البيئية مجموعة متنوعة من الكائنات المنتجة والمستهلكة والمحللة التي تكون شبكة من السلاسل الغذائية المتداخلة فيما بينها تسمى الشبكة الغذائية. وتبدو الشبكات الغذائية معقدة بصفة خاصة في الأنظمة البيئية للمناطق الحارة والمحيطات.

تعتمد بعض الكائنات الحية على أشياء كثيرة في غذائها، إلا أن بعضها الآخر مثل الكائنات الأولية المستهلكة، تعتمد على نوع نباتي واحد في غذائها، وعند اختفاء هذا النوع النباتي فإن الكائن الأولي يختفي أيضاً.

تتحرك الطاقة خلال النظام البيئي عبر سلسلة من التحويلات. أولاً: تحول الكائنات المنتجة الأولية طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية تخزن في بروتوبلازم النبات (مادة الخلية الحية)، ومن ثم تنتقل الطاقة المخزونة في النباتات إلى الكائنات الأخرى على هيئة طعام، وتحولها الكائنات المستهلكة الأولية إلى أنواع مختلفة من الطاقة الكيميائية، وتخزنها في خلايا أجسامها. وتتحول هذه الطاقة من جديد حينما تأكل الكائنات المستهلكة الثانوية، الكائنات المستهلكة الأولية.

ولمعظم الكائنات فاعلية بيئية منخفضة. ويعني هذا أنها قادرة على تحويل جزء صغير فقط من الطاقة المتوافرة إلى طاقة كيميائية مخزونة. وعلى سبيل المثال، يمكن للنباتات الخضراء أن تحول فقط 0.1 - 1% من طاقة الشمس التي تصل إليها في بروتوبلازم النبات. وتحترق معظم الطاقة الباقية أثناء نمو النبات،

وتتسرب في البيئة على هيئة حرارة. وبالمثل تحول آكلات الأعشاب، وآكلات اللحوم في خلايا أجسامها الخاصة بين 10 - 20% فقط من الطاقة التي ينتجها طعامها.

ولأن مثل هذه الكمية الكبيرة من الطاقة تتسرب في كل مستوى من السلسلة الغذائية، فإن جميع الأنظمة البيئية تكون أهرامًا للطاقة. وتكون النباتات (الكائنات المنتجة الأولية) قاعدة هذا الهرم. وتكون آكلة الأعشاب (الكائنات المستهلكة الأولية) الدرجة التالية. وتكون آكلة اللحوم (الكائنات المستهلكة الثانوية) القمة، ويعكس الهرم، حقيقة أن الطاقة تمر خلال نباتات الأنظمة البيئية بكميات أكبر مما تمر خلال الحيوانات آكلة الأعشاب. وتتدفق الطاقة حتى درجة أقل من ذلك خلال الحيوانات آكلة اللحوم. وفي كثير من أنظمة الأرض البيئية، ينتج عن هرم الطاقة هرم البيوماس (الكتل الأحيائية)، ويعني هذا ببساطة أن الكتل الأحيائية المجتمعة الوزن للنبات أكبر من الوزن المجتمع للحيوانات آكلة الأعشاب، الذي بدوره يفوق الوزن الكلي للحيوانات آكلة اللحوم.

جمع علماء البيئة المعلومات عن هرم الكتل الأحيائية في إيزل رويال، وهي جزيرة في بحيرة سوبيريور بالولايات المتحدة الأمريكية. ودرسوا في هذا الهرم العلاقة بين النباتات والموظ والذئب. ووجد علماء البيئة في إحدى الدراسات أنه يلزم تدبير 346 كجم من الغذاء النباتي لإمداد 27 كجم من حيوان الموظ. وهي الكمية اللازمة لتدعيم 45،0 كجم من ذئب واحد.

### 1-5-3. دورة المواد داخل الأنظمة البيئية

تتكون كل الأشياء الحية من بعض العناصر والمركبات الكيميائية. والمواد الرئيسية بينها: الماء، والكربون، والهيدروجين، والنيتروجين، والأكسجين، والفوسفور، والكبريت. وتدور كل هذه المواد خلال الأنظمة البيئية مرات ومرات.

وتعطي دورة الفوسفور مثلاً لهذه العملية، فكل النباتات تحتاج الفوسفور، وتأخذ النباتات مركبات الفوسفور من التربة. أما الحيوانات فتحصل عليها من النباتات والحيوانات الأخرى التي تأكلها، وتعيد المحللات الفوسفور إلى التربة.

وفي الطبيعة تبقى كمية الفوسفور ثابتة تقريباً في الأنظمة البيئية المترنة، ولكن عندما يضطرب النظام البيئي بسبب الأنشطة البشرية، فإن كمية من الفوسفور تتسرب مؤدية بذلك إلى خفض قدرة النظام البيئي على دعم النباتات. ومن الطرق التي يغيّر بها الناس دورة الفوسفور تحويل الغابات إلى أراضٍ زراعية. وبدون حماية الغابات، فإن الفوسفور ينزح من التربة ويتحول إلى الأنهار والبحيرات. وهناك يسبب غالباً زيادة غير مرغوبة في نمو الطحالب. وفي النهاية يحبس الفوسفور في ترسبات عند قاع البحيرات أو البحار. وبسبب هذه الخسارة يتحدّد على المزارعين استخدام مخصبات باهظة التكلفة لإعادة العنصر ثانية إلى التربة. وسوف نتحدث بالتفصيل عن دورة كل عنصر من العناصر الطبيعية في البيئة.

وتعرف دورات المواد خلال الأنظمة البيئية بالدورات البيوجيوكيميائية للمواد وهي المسارات الكاملة التي تأخذها المواد الكيميائية خلال مستودعات الأرض الأربعة الكبرى التالية:

- الغلاف الجوي
- الغلاف المائي (المحيطات، البحار، البحيرات، المياه الجوفية، والثلجات)
- الغلاف الصخري (الصخور والتربة)
- الغلاف الحيوي (النباتات والحيوانات)

### 1-3-5-1. الدورة المائية Water Cycle

يعد الماء من أهم المصادر الطبيعية الموجودة على سطح الأرض وفي داخلها وداخل الغلاف الجوي، فالماء أساسي لحياة جميع أنواع الكائنات الحية من





وحسب الموازنة المائية فإنه لا يوجد أي فقدان للمياه في الميزان المائي ويعبر عن ذلك المعادلتين التاليتين:

### 1. معادلة البحار والمحيطات

المعدل السنوي للمياه المتبخرة = المعدل السنوي للمياه الساقطة في البحار والمحيطات + المعدل السنوي لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات.  
أي أن

$$\text{معدل التبخر} = \text{معدل السقوط} + \text{معدل الصبيب}$$

### 2. معادلة اليابسة

الكمية الوسطي المتبخرة = الكمية الوسطي للتساقط على اليابسة + الكمية الوسطي لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات  
أي أن:

$$\text{الكمية المتبخرة} = \text{الكمية المتساقطة} + \text{كمية الصبيب}$$

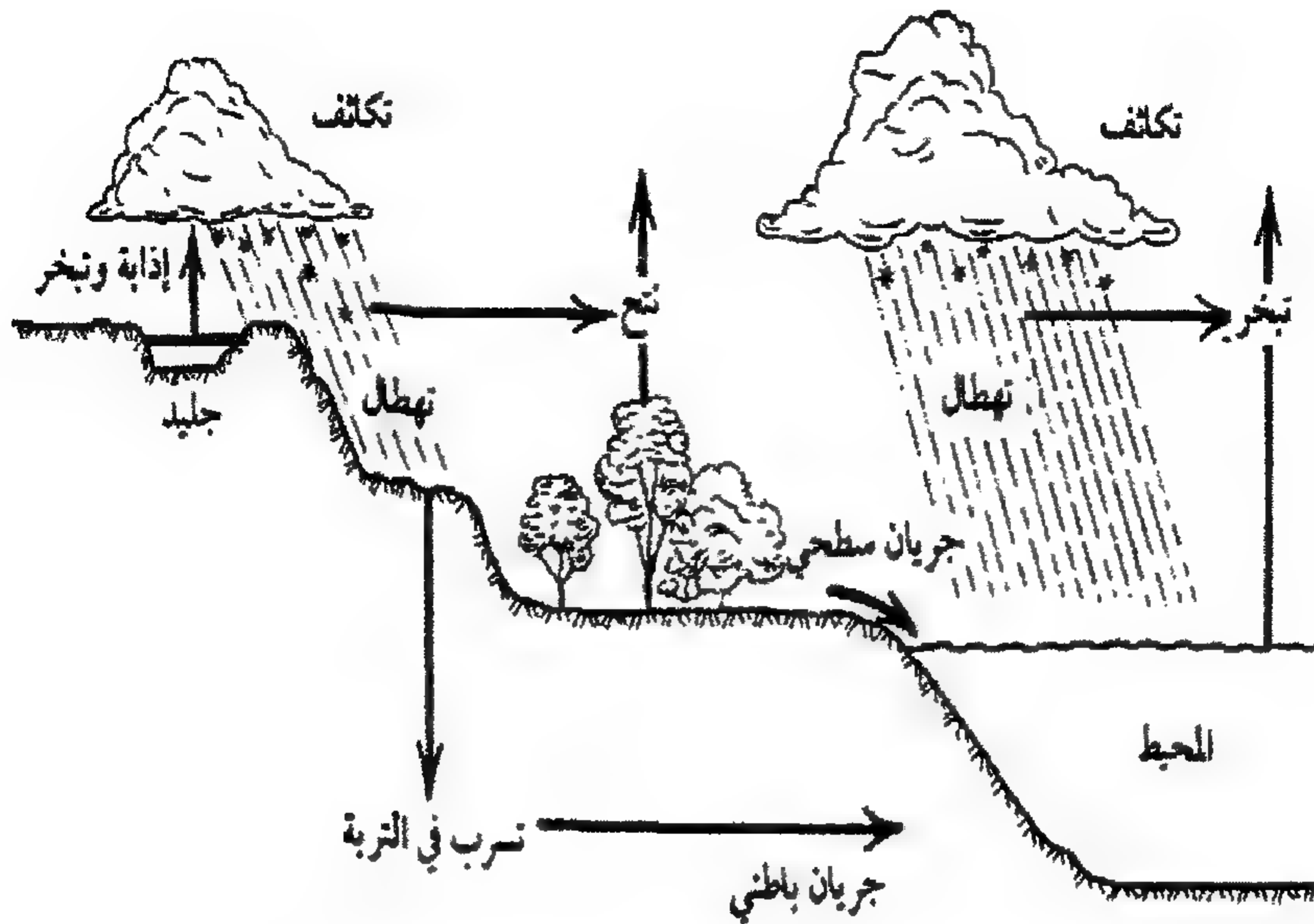
وبسبب دورة الماء هذه فإن كمية الماء الموجودة على الأرض حالياً هي نفسها التي كانت على الأرض سابقاً وهي التي ستبقى على الدوام بإذن الله. فقط يتغير الماء من حالة إلى حالة أخرى، ويتحرك من مكان إلى آخر. والماء الذي استعملته في الاستحمام الليلة الماضية يمكن أن يكون قد جرى في نهر النيل في الشهر الماضي، أو ربما شربه الإسكندر الأكبر قبل مايزيد على ألفي عام.

وعموماً إن تفاعل كل من العناصر التالية يشكل سلسلة من الحوادث تسمى الدورة الطبيعية للماء:

أ- حركة الماء على وضمن القشرة الأرضية.

ب- استعمال الماء خلال حياة النبات.

ويوضح الشكل التالي دورة المياه في الطبيعة



شكل 1-3 مخطط مبسط لدورة الماء في الطبيعة

## 1-3-5-2. دورة الكربون Carbon Cycle

يعد الغلاف الغازي والغلاف المائي المستودع الرئيسي للكربون غير العضوي. ويوجد الكربون في الطبيعة في صورة صلبة في الطبقات الصخرية وفي المركبات العضوية، وفي حالة سائلة في خلايا الكائنات الحية وفي المياه، كما الكربون في حالة غازية في الغلاف الغازي وهواء التربة وبين هذه الحالات يتم التبادل والتفاعل في دورة الكربون. وتبدأ دورة الكربون بان تقوم النباتات الخضراء والطحالب الخضراء بامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الهواء المحيط والماء من التربة بواسطة الجذور وتستخدم الطاقة الشمسية للقيام بعملية التمثيل الضوئي وإنتاج المركبات العضوية من خلال المعادلة الآتية:



وتتوقف اثناء الليل عملية التمثيل الضوئي. واثناء عملية التنفس التي تتم ليلا ونهارا ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعود للغلاف الغازي وفي المناطق التي ترتفع فيها كثافة النباتات كالغابات تزداد كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المتصاعدة في الليل الي 25 % عن المعدل الطبيعي وبخاصة الجزء القريب من التربة. ومع طلوع الشمس تعود نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون الي معدلها الطبيعي.

وعندما تتغذي المستهلكات علي المواد العضوية تتحول تلك المواد الي كتلة حيوية وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون الي الغلاف الغازي. وينتج عن الكائنات المستهلكة والمنتجة افرازات وفضلات، وبعد موت هذه الكائنات الحية تتعرض مع فضلاتها الي التحلل ويعود غاز ثاني أكسيد الكربون الي الغلاف الغازي مرة اخري.

ويترتب عن عملية تجوية الصخور الكلسية العضوية والدولموليت والتي اسهم في تكوينها المواد العضوية عودة جزء من الكربون المثبت الي الغلاف الغازي وكذلك البراكين تسهم في اعادة جزء من الكربون الي الغلاف الغازي، حيث تأخذ النباتات والطحالب الخضراء من جديد ثاني أكسيد الكربون وتعيد الدورة من جديد. وتجدر الإشارة الي ان كل جزء من دورة الكربون له اهمية خاصة، فاذا قضي مثلا علي النباتات الخضراء والطحالب لا يمكن للكربون ان يخرج من المستودع الجوي، حيث ان الكائنات المستهلكة لا يمكنها الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الجوي وتحويله الي مواد عضوية. ولو قضي علي الكائنات المحللة فان المادة العضوية المتخلفة عن افرازات الكائنات الحية وعن بقايا اجسامها سوف تتراكم بسرعة ولا يعود الكربون للغلاف الغازي وبذلك تختل الدورة.

وعند زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي (نسبة  $CO_2$  حاليا في الهواء 0.03 % اي 300 جزء في المليون تزداد سنويا الي 0.2 %) تقل نسبة معدلات الأشعة تحت الحمراء المعكوسة الي الأرض الي الفضاء الخارجي وبالتالي تتجمع في الغلاف الغازي. وهذا يعود الي خصائص غاز ثاني أكسيد الكربون في

امتصاص الأشعة تحت الحمراء الذي يؤدي الي رفع درجة حرارة الأرض وتغير المناخ العالمي وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة البيت الزجاجي Green House Effect، ففي البيت الزجاجي يسمح الزجاج بدخول الضوء المنظور (400-750nm) ولكنه يحجز الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من السطح ومن النباتات داخل البيت الزجاجي مسببا بذلك الارتفاع في درجة الحرارة.

ولو ارتفع معدل درجة الحرارة علي المستوي العالمي من 2 - 4 مئوية فان ذلك يؤدي الي ذوبان كميات كبيرة من جليد القطبين الشمالي والجنوبي مما يسبب ارتفاع منسوب المياه في البحار والمحيطات واغراق كثير من المدن الساحلية مثل نيويورك وكوبنهاجن، وكذلك القضاء علي نسبة كبيرة من المياه الجوفية والعذبة.

ويتضح مما سبق ان يجب المحافظة علي النظم البيئية بالتوفير في استهلاك الوقود الحفري وايجاد مصادر بديلة للطاقة مثل الطاقة الشمسية والرياح.

ويبين الجدول التالي تواجد الكربون علي الكرة الارضية وكميته ببلايين الاطنان.

جدول 1-2

الكمية بلايين الاطنان	مكان التواجد
80.000.000	الثقالة تحت المائية والصخور الرسوبية
40.000	مياه المحيط، والأصداف، والكائنات الحية
4.000	لوقود الأحفوري (النفط، والغاز، والفحم الحجري)
1.500	المواد العضوية في التربة
825	الغلاف الجوي
580	النباتات البرية
* يتواجد معظم الكربون على كوكب الأرض في صورة مركبات في الثقالات والصخور الرسوبية. ويتواجد بنسبة أقل نسبياً في الغلاف الجوي .	
Source: www.seed.slb.com	



وعموماً تُعتبر ذرات الكربون في حالة تبادل مستمر فيما بين الكائنات الحية والميتة، والغلاف الجوي، والمحيطات، والصخور، والتربة. ومع كل نفس خارج، نطلق ثاني أكسيد الكربون من رئتينا إلى الغلاف الجوي، والذي يحتوي على ذرات الكربون الموجودة في النباتات والحيوانات التي نتغذى عليها. وربما كانت ذرات الكربون الموجودة في أجسامنا اليوم كانت تنتمي فيما مضى إلى العديد من النباتات والحيوانات المختلفة - لعل من بينها الديناصورات وغيرها من المخلوقات المنقرضة.

لقد تغير توزيع الكربون فيما بين الغلاف الجوي، والكائنات الحية، واليابسة، والمحيطات، على مر الزمن. فمنذ 550 مليون سنة تقريباً كان تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي 7000 جزء في المليون - وهو ما يمثل أكثر من 18 ضعفاً لما هو عليه اليوم. ولكن، أين ذهب كل هذا الكربون الذي كان موجوداً في الغلاف الجوي؟ لقد تحول في معظمه إلى صخور رسوبية مثل الحجر الجيري. وتعتبر كيفية حدوث ذلك جزءاً من القصة الأكبر لدورة الكربون.

حيث تُعد دورة الكربون مزيجاً من عمليات بيولوجية، وكيميائية، وفيزيائية، تعمل على نقل الكربون من مكان إلى مكان

توضح الصورة بعضاً من العمليات التي ينتقل بها الكربون فيما بين الكائنات الحية والميتة، والغلاف الجوي، والمحيطات، والصخور، والتربة. ولكنها لا تشمل التدخلات البشرية. ويبين الشكل التالي دورة الكربون.

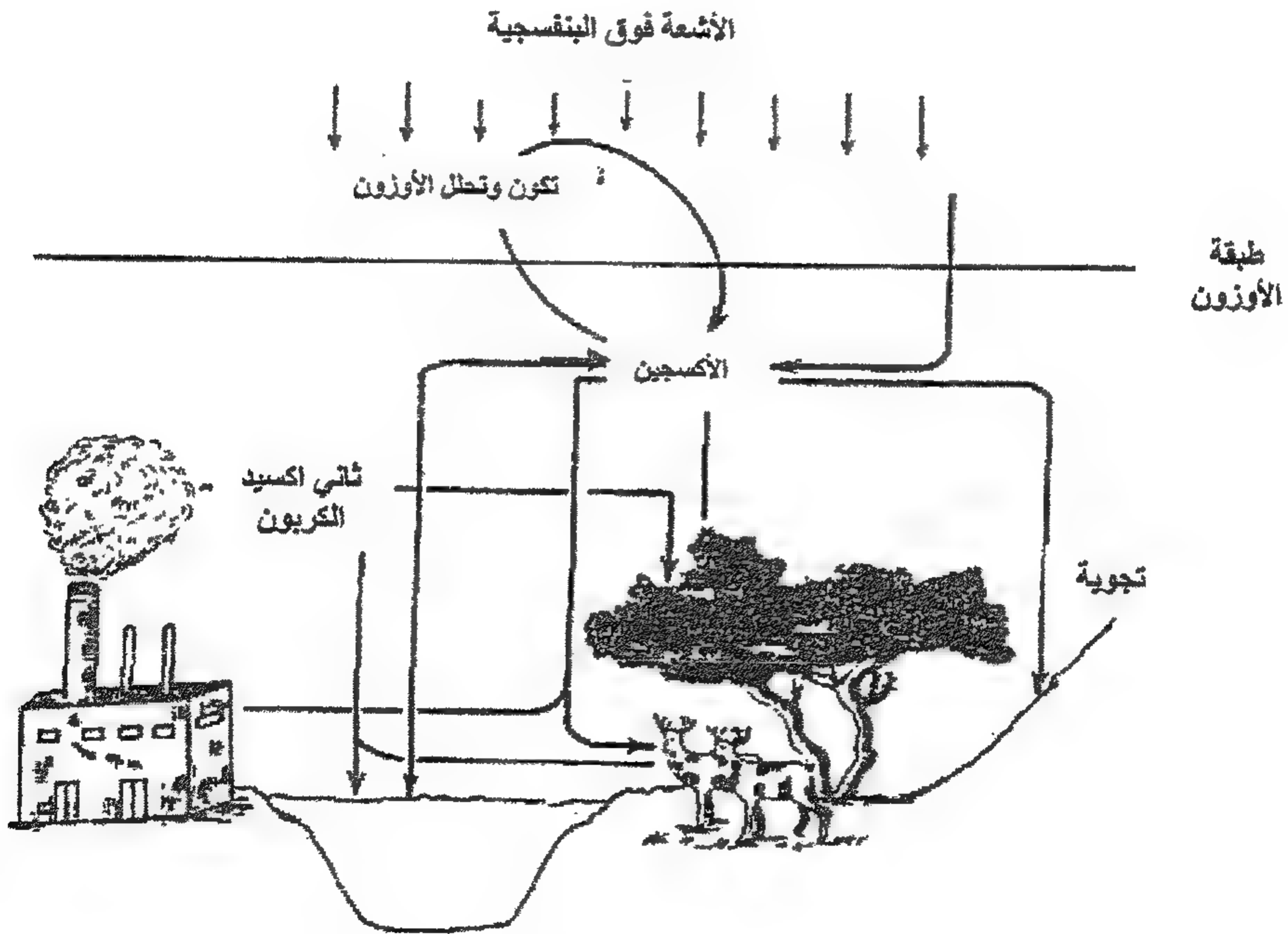




تسبب للإنسان الضرر عن طريق تغيير المعلومات الوراثية المثبتة فوق الحمض النووي (المادة الوراثية) DNA.

ومن أهم أخطار الأشعة فوق البنفسجية ما يلي:

1. التأثيرات الضارة السالبة على الكائنات الحية المنتجة.
2. أحداث تغيرات في المناخ.
3. الإصابة بسرطان الجلد وخاصة لأصحاب البشرة البيضاء.
4. الحد من التنقية الذاتية للمياه بقتلها بالبكتيريا والكائنات الحية الدقيقة التي تنقي المياه بتحليلها للملوثات القابلة للتحلل بيولوجيا (تنقية المياه عن طريق تحليل المواد العضوية الملوثة للمياه بواسطة الكائنات الحية الدقيقة).

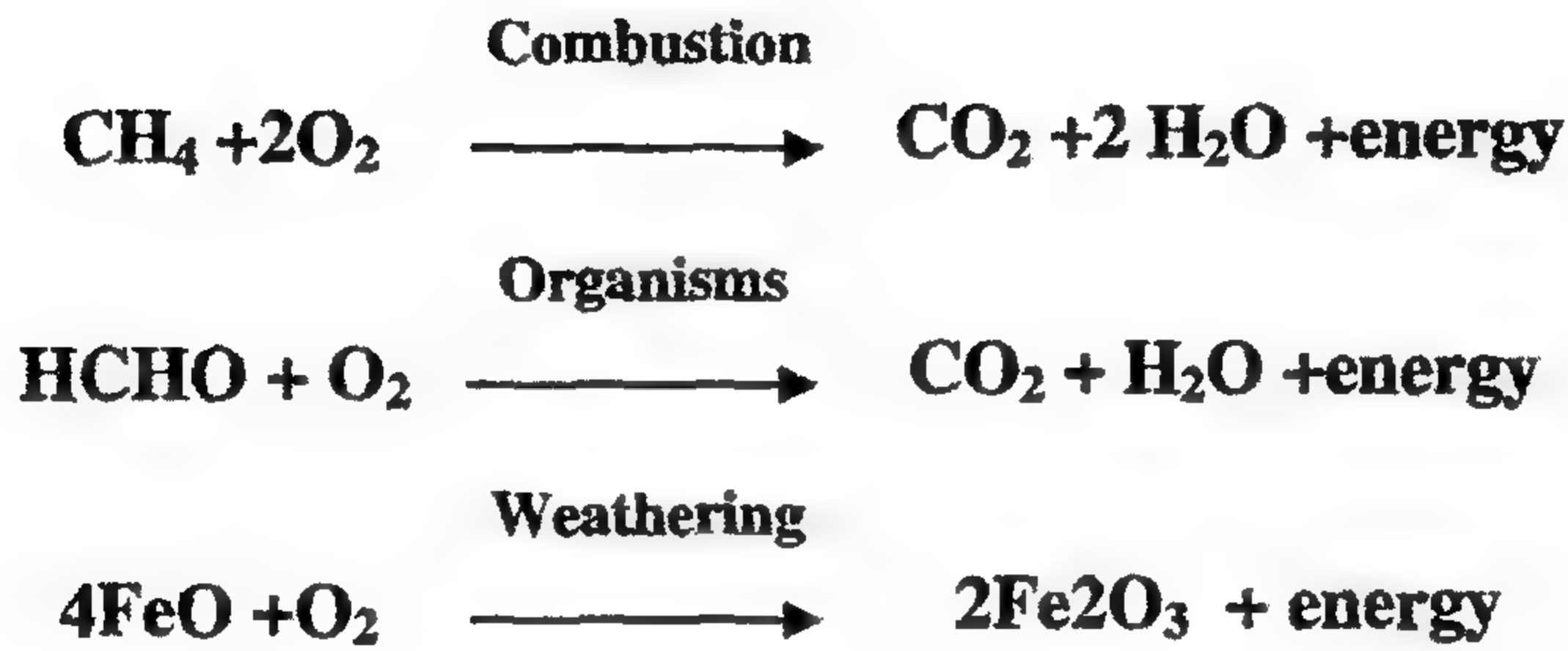


شكل 5-1 مخطط مبسط لدورة الأكسجين



تعتمد دورة الاكسجين علي تبادل الاكسجين بين الاجزاء البيئية اي بين الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري، حيث يعد الاكسجين المكون الرئيسي لطبقة التروبوسفير والتي تلعب دورا حيويا لكمياء الغلاف الجوي والتحوللات الجيوكيميائية وجميع العمليات الحيوية.

اكسجين الغلاف الجوي يستهلك في انتاج الطاقة مثل حرق الغاز الطبيعي (الميثان)، تحلل المواد العضوية واكسدة العمليات الجوية weathering processes كما توضح التفاعلات الاتية:



### 1-3-3-4 دورة النيتروجين Nitrogen Cycle

يشكل النيتروجين حوالي 87 % من حجم الهواء، وهو غاز خامل قليل النفع لمعظم الكائنات الحية. والاستفادة من غاز النيتروجين المتوفر في الغازي بكميات كبيرة لابد من تحويل هذا الغاز الخامل الي مركبات نيتروجينية يسهل للكائنات الحية الاستفادة منها.

وتسمى عملية التحويل هذه بعملية تثبيت النيتروجين، ويتم تثبيت غاز النيتروجين الخامل بطريقتين وهما:

1- التثبيت البيولوجي (الحيوي)

2- التثبيت الجوي

## 1- التثبيت البيولوجي Biological Fixation

تعيش في التربة والمياه بعض انواع البكتريا والطحالب والتي تدعي مثبتات النتروجين Nitrogen Fixers لقدرتها علي تحويل النتروجين الجوي الخامل الي مركبات تستطيع النباتات الخضراء الاستفادة منها مثل النترات  $NO_3$  والذي يعد اهم مصدر نتروجيني للنبات علي الاطلاق وذلك لسهولة امتصاصه والاستفادة منه. وتعيش هذه البكتريا والطحالب اما في:

◊ تكافل مع النباتات الخضراء

◊ او ككائنات حية تعيش حرة في التربة

### أ- التكافل مع النباتات الخضراء

اي يعتمد كل منهما علي الآخر (تبادل المنفعة) فمع نباتات الارز والبقوليات كالفول والحمص تعيش بكتريا Rhizobium في العقد البكتيرية لهذ النباتات حيث تقوم البكتريا بتحويل غاز النتروجين الخامل الي نترات وتقدمه للنبته، وفي المقابل تقدم النبتة العناصر الغذائية للبكتريا. وتلعب هذه الأنواع من البكتريا دورا هاما في الزراعة، اذ تستطيع ان تقوم بتثبيت 100 الي 200 كجم في السنة لكل هكتار.

### ب- كائنات حية تعيش حرة في التربة

تعيش عدة انواع من البكتريا والطحالب حرة في التربة وتقوم بتثبيت النتروجين، ومن اهمها Blue Green Algae، Clostridium، Azotobacter وكفاءة هذه الأنواع في تثبيت النتروجين اقل من كفاءة الأنواع التي تعيش في تكافل مع النباتات الخضراء. اذ توفر هذه الأنواع حوالي 5 كجم من النتروجين في السنة لكل هكتار. وتلعب مثبتات النتروجين البيولوجية دورا مهما في تزويد النباتات والتربة بالمركبات النتروجينية لاستعمال النباتات الخضراء، اذا تقدم هذه الكائنات الحية الدقيقة والتي تعيش في تكافل مع النباتات الخضراء او حرة في التربة (وعلي

نطاق عالمي) اكثر مما تقدمه الأسمدة الكيميائية النتروجينية علي الرغم من عظم الناتج الصناعي العالمي.

## 2- التثبيت الجوي Atmospheric Fixation

يحدث هذا النوع من تثبيت غاز النتروجين عند مرور صاعقة البرق خلال الغلاف الغازي، وهنا يتم اتحاد الأكسجين مع النتروجين بفعل طاقة البرق الكهربائية مكونة النترات التي تسقط مع مياه الامطار علي التربة او علي المياه السطحية وتتوقف الكمية المثبتة بواسطة التثبيت الجوي علي الظروف المناخية، وتتراوح عموما بين 15 و 20 كجم نتروجين في السنة لكل هكتار. يضاف الي التثبيت البيولوجي و التثبيت الجوي مصادر اخري تزود التربة والنباتات الخضراء بالمركبات النتروجينية، وهذه المصادر ناتجة عن أنشطة الإنسان والمختلفة. فالملوثات الهوائية المحتوية علي المركبات النتروجينية في المناطق الصناعية، تضيف الي التربة كميات تصل الي حوالي 50 كجم من مركبات النتروجين في السنة لكل هكتار. كما يقوم الإنسان باستعمال الأسمدة الكيماوية النتروجينية والتي تستعمل خصوصا في الزراعة المكثفة او الزراعة العمودية، اذا يبلغ معدل ما يضاف من الأسمدة الكيماوية النتروجينية في اوروبا حوالي 100 كجم في السنة لكل هكتار. يضاف الي ذلك المياه العادمة (مياه الصرف) والتي تحتوي علي كميات كبيرة من المركبات النتروجينية.

يتزايد الطلب علي الغذاء في جميع انحاء العالم نتيجة الزيادة السكانية الهائلة، مما دفع المزارعين الي استخدام انواع مختلفة من الأسمدة (المخصبات) الزراعية لزيادة خصوبة التربة المتاحة لهم وزيادة انتاجها من المحاصيل المختلفة والتي يعتمد عليها الإنسان في حياته. وبذلك زادت كميات الأسمدة النتروجينية التي تضاف للتربة سنويا.

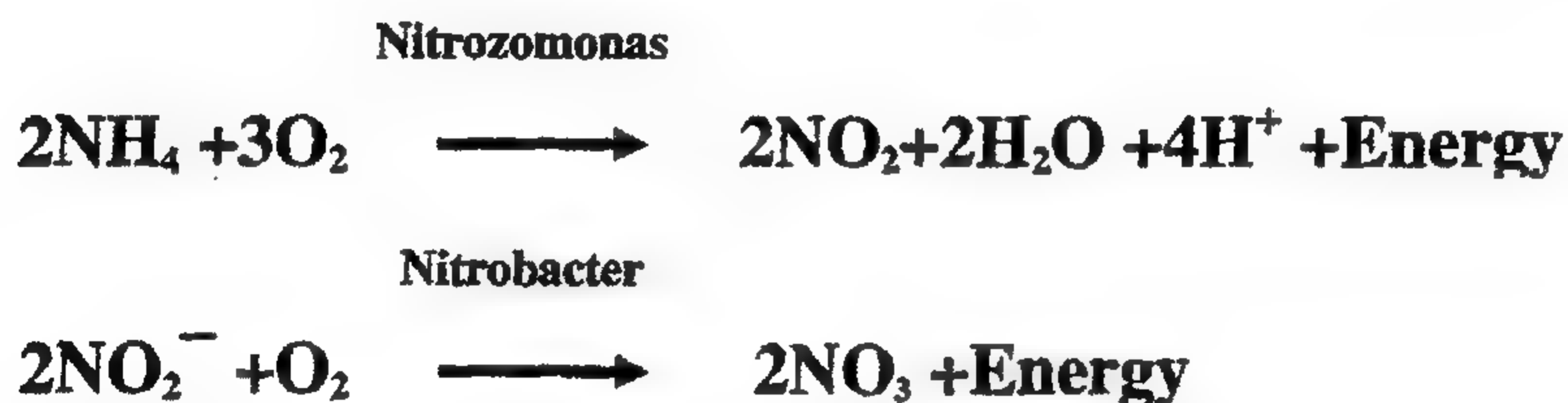
وتبدأ دورة النتروجين بقيام النبتة الخضراء بامتصاص المثبت بواسطة شعيرات الجذور علي شكل نترات  $\text{NO}_3$  وأمونيوم  $\text{NH}_4$  او في بعض الحالات



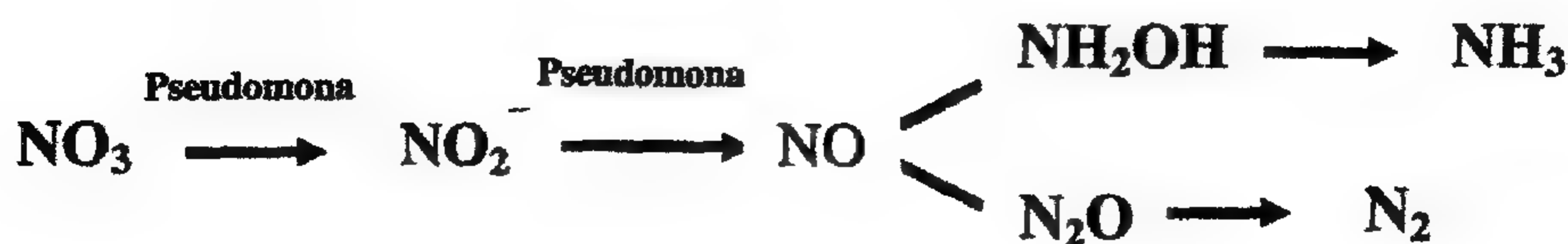
على شكل امونيا  $NH_3$  بحيث تستخدم هذه المركبات النتروجينية في تركيب الأحماض الامينية والتي تعتبر اساس بناء البروتينات. وتستمد الكائنات الحية المستهلكة الاولى مركبات النتروجين على شكل مركبات بروتينية من الكائنات المنتجة، كما تستمد الكائنات الحية المستهلكة الثانوية المركبات البروتينية من المستهلكات الاولى حسب السلاسل الغذائية.

وعند موت هذه الكائنات الحية بالاضافة الي افرازاتها ومخارجاتها تقوم الكائنات الحية المحللة بتحليلها الي مركباتها الاولى.

وتتم اكسدة الامونيوم في وجود وتوافر الأكسجين بواسطة بكتريا Nitrobacter الي نتريت  $NO_2$  وبعد ذلك تؤكسد بكتريا Nitrobacter النتريت الي نترات  $NO_3$  والتي تمتصها النبتة بسهولة، وتسمى هذه العملية بالنترتة Nitrification



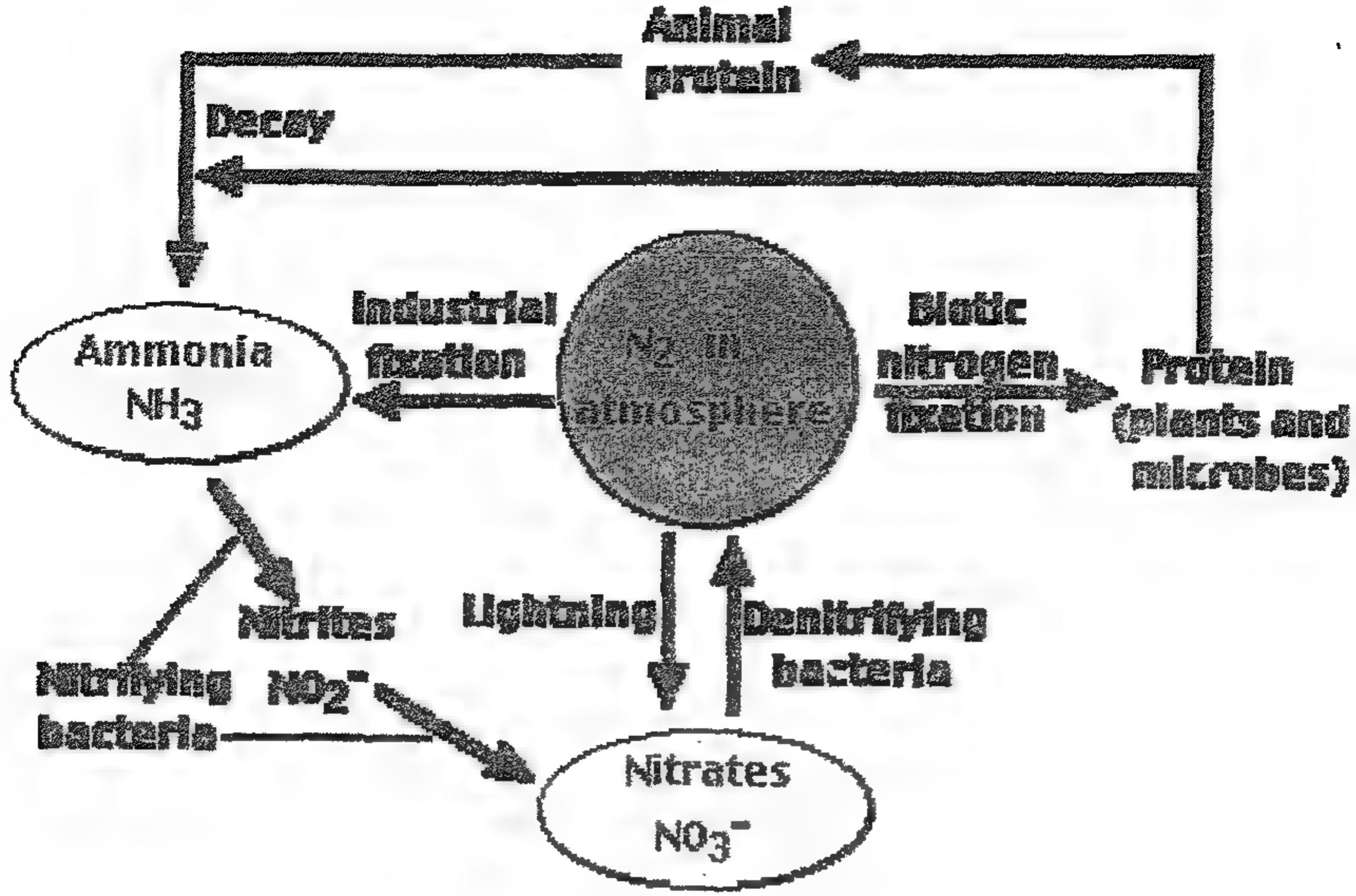
وتحت ظروف لا يتوافر فيها الأكسجين تختزل النترات بواسطة بعض الكائنات الحية مثل بكتريا Pseudomonas الي نتريت وبالتالي الي غاز النتروجين الذي يتصاعد الي الغلاف الغازي، وقسم بسيط جدا الي أمونيا وبذلك يتم اغلاق دورة النتروجين باختزال النترات الي نتروجين وهذه العملية تعرف بعملية انتزاع النتروجين Denitification



بالإضافة الى عملية Denitification تقوم البراكين والحرائق بأعادة غاز النيتروجين الى الغلاف الغازي. ويحدث فقدان للنيتروجين من الدورة علي شكل نترات عن طريق غسل التربة بمياه الامطار او مياه الري حيث تنقل الي المياه الجوفية والسطحية. وهنا ربما تعود النترات الي الدورة من جديد اذ كانت الطيور والاسماك المائية قد تغذت علي كائنات استفادت من هذه النترات، أو يكون تم الاستفأة منها عند استعمال المياه الجوفية في ري المزروعات. واذا لم تمتص هذه النترات بواسطة الطافيات المائية Phytoplanceton او اية نباتات مائية اخري فأنها تفقد تدريجيا داخل رواسب بحرية عميقة ولا تعود للدورة من جديد الا اذا تكشفت الطبقة الجيولوجية المحتوية علي تلك الرواسب.

تعد اليوريا من اهم الأسمدة النيتروجينية المهمة لاحتوائها علي نسب عالية من النيتروجين وعند ذوبانها تتحلل ببطء الي أمونيوم وثاني اوكسيد الكربون ولهذا يمكن استعمالها اما باضافتها الي التربة او برش محلولها علي النبات وتكون اليوريا علي شكل بلورات بيضاء اللون تعبأ اليوريا في عبوات سليمة مصنوعة من مادة عازلة للرطوبة حيث تتحول بوجود الرطوبة الي كتل صلبة وتخزن في مخازن جافة غير معرضة للرطوبة واشعة الشمس والتلوث.

تعد النترات احدي الملوثات المائية، وحسب مواصفات منظمة الصحة العالمية WHO يجب الا تزيد كمية النترات في مياه الشرب عن 45 جزء في المليون وان لا تزيد الكمية التي يأخذها الإنسان يوميا من النترات عن 200 مجم سواء بواسطة ماء الشرب او الطعام لان النترات تسبب مرض الازرقاق عند الاطفال بالإضافة الي تكون مركبات Nitrosamine وهي مواد مسببة للسرطان. ويبين الشكل التالي عمليات تحولات النيتروجين ودورته في الطبيعة.



شكل 6-1 مخطط لدورة النتروجين في الطبيعة

### 5-3-5-1 دورة الكبريت Sulphur Cycle

يعد الكبريت من العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية، إذ لا تفتقر التربة أو الكائنات الحية من نبات وحيوان الي الكبريت. ويوجد في الطبيعة مصادر متعددة للكبريت من أهمها:

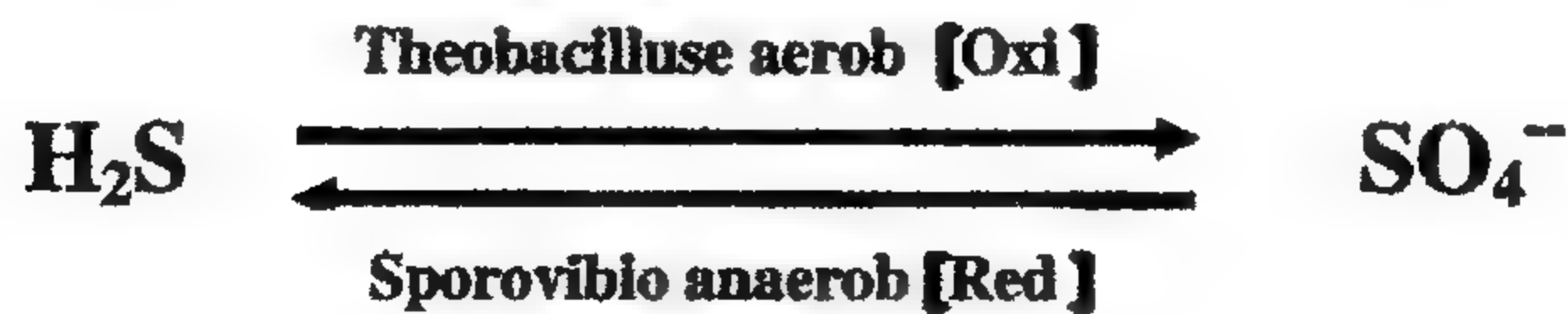
- تحلل المواد العضوية في التربة والتي ينتج عنها مركبات الكبريت بالإضافة الي مركبات اخري.
- تجوية بعض الصخور المحتوية علي الكبريت.
- البراكين والتي يتصاعد منها بعض الغازات الكبريتية.
- التلوث الناتج عن أنشطة الإنسان المختلفة كالصناعة والمواصلات والتدفئة حيث تنطلق الملوثات ومن ضمنها الكبريت في صورة أكاسيد كبريتية كثاني وثالث أكسيد الكبريت اللذان يسقطان مع مياه الامطار مكونين في بعض الحالات الامطار الحمضية. وتصل كمية الكبريت الساقطة مع مياه الامطار في بعض المناطق حوالي 60 كيلوجرام في السنة لكل هكتار كما تذهب بعض المركبات الكبريتية مع المياه في مجاري المياه.

وتأخذ النباتات الخضراء الكبريت من الوسط الذي تعيش به علي شكل ايونات الكبريتات  $SO_4^{--}$  وتستعمله في بناء البروتينات الخلوية. ومن خلال السلسلة الغذائية تستفيد الكائنات الحية الاخرى من هذه المركبات الكبريتية في بناء الخلايا وعند موت الكائنات الحية يتم تحلل المواد العضوية أما هوائيا او لاهوائيا، ففي الظروف اللاهوائية كالتربة الرطبة والمستنقعات ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين والذي يلعب دورا اساسيا في البيئة للاسباب الاتية:

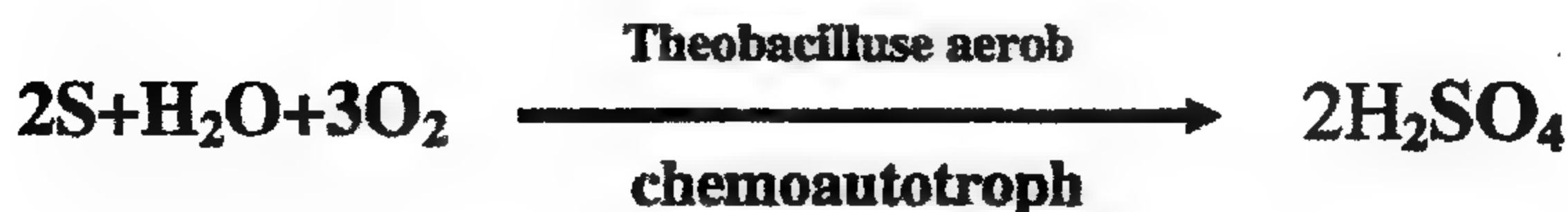
- 1- له تأثير سام علي الكائنات الحية.
- 2- رائحته الكريهة التي تحد من استعمال المياه وخاصة كمصدر للشرب.
- 3- احداث الأضرار بالأسمنت والمعادن عند اكسدته الي كبريتات
- 4- احداث تاكل ببعض المنشآت المعدنية عند تحوله الي أحماض كبريتية.

وفي الظروف الهوائية ينتج عن تحلل المواد العضوية المحتوية علي كبريت اكاسيد الكبريت، وهنا يتم اكسدة غاز كبريتيد الهيدروجين الي كبريتات بواسطة بكتريا الكبريت *Theobacilluse* للحصول علي الطاقة نظرا لان هذه البكتريا من الكائنات الحية الدقيقة ذاتية التغذية كيميائيا.

وعند تحول الظروف الهوائية الي ظروف لاهوائية يتم اختزال الكبريتات الي غاز كبريتيد الهيدروجين بواسطة بكتريا *Sporovibrio* حسب المعادلة:

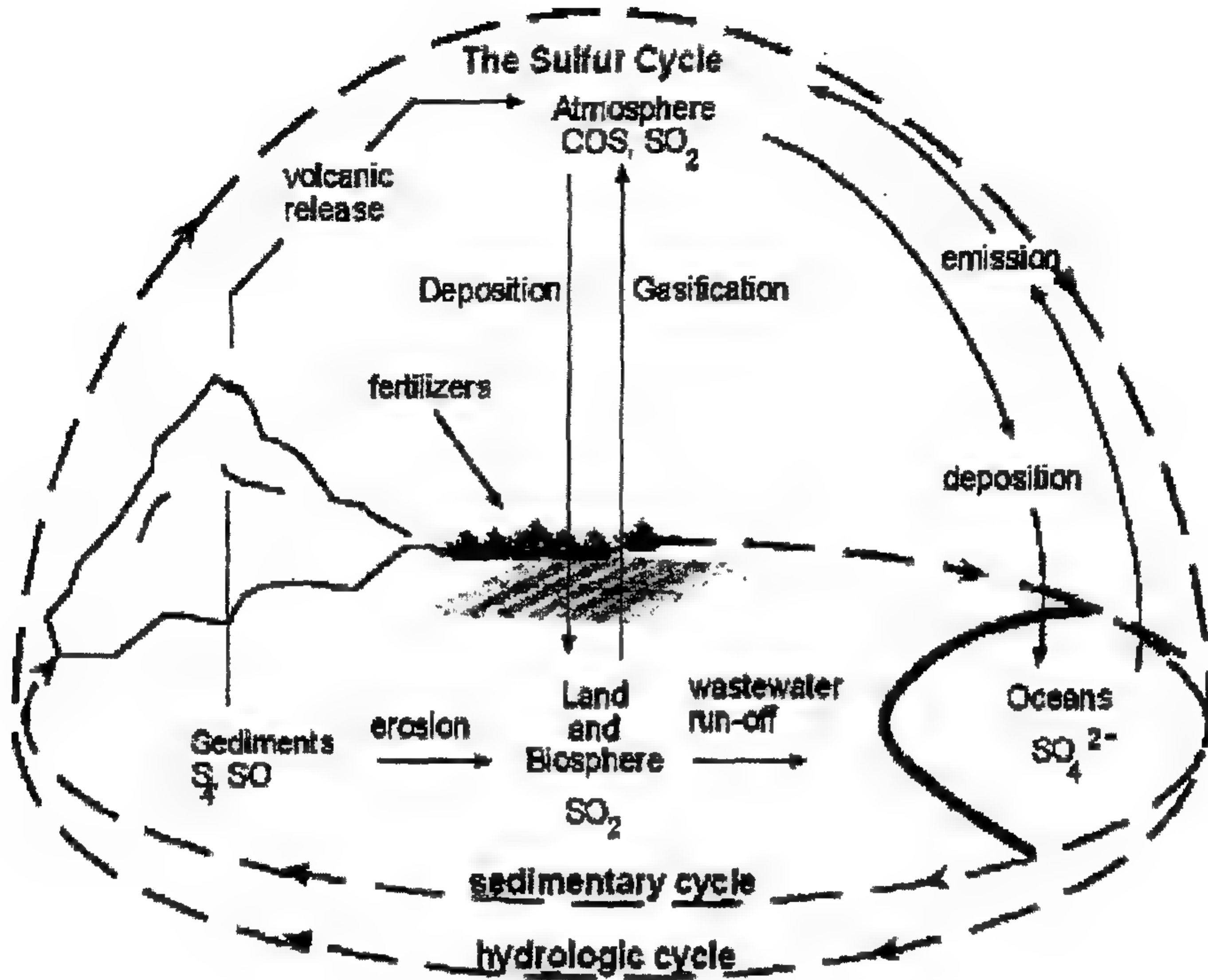


كما تقوم بكتريا الكبريت بأكسدة الكبريت العنصري او اية مركبات كبريتية اخري للحصول علي الطاقة حسب المعادلة:





ويلعب حمض الكبريتيك دورا هاما في تجوية الصخور عن طريق اذابة وترسيب المعادن، كما يساعد علي تمكين النباتات من الاستفادة ببعض العناصر الغذائية عن طريق اذابتها مثل اذابة الفسفور من الصخور الحاوية علي معدن الاباتيت Apatite صعبة الذوبان.



شكل 1-7 مخطط لدورة الكبريت

### 1-3-5-6 دورة الفسفور Phosphorous Cycle

يعتبر الفسفور واحد من العناصر المهمة في العمليات الحيوية في الكائنات الحية. فهو عنصر مهم في تركيب ATP و ADP بالإضافة الى كونه يدخل في تركيب العظام والأسنان. وهو يوجد في الطبيعة على شكل فوسفات، وتلعب العوامل الجوية كالأمطار والرياح دورا مهما في إيصاله للأنهار والبحار، حيث تمتصه النباتات البحرية ومن ثم يصل الى الطيور التي تقف على هذه النباتات.



ويوجد الفسفور بكمية كبيرة في فضلات الإنسان والحيوانات والتي تستخدم فيما بعد كسماد للمزروعات. وحديثاً ونتيجة لتقدم التكنولوجيا أصبح الفسفور يدخل في تركيب مساحيق الغسيل مما أدى الى إرتفاع نسبته في المياه العادمة وبالتالي الى حدوث تلوث في الأنهار والبحار والمياه الجوفية مما دفع العلماء الى البحث عن طرق لإزالة مركبات الفسفور من المياه العادمة (مياه الصرف).

أما عن الكميات التي تصل الى البحار والمحيطات فهي في العادة تترسب في قاع البحر لتشكل مصدراً مختزناً من مصادر الفسفور. ويدخل الفسفور أيضاً في تركيب الأسمدة وبهذه الطريقة، بالإضافة الى تحلل النباتات والحيوانات الميتة، يتم إيصاله للتربة ومن ثم الى النباتات.

وفي الطبيعة تبقى كمية الفوسفور ثابتة تقريباً في الأنظمة البيئية المتزنة، ولكن عندما يضطرب النظام البيئي بسبب الأنشطة البشرية، فإن كمية من الفوسفور تتسرب مؤدية بذلك إلى خفض قدرة النظام البيئي على دعم النباتات. ومن الطرق التي يغيّر بها الناس دورة الفوسفور تحويل الغابات إلى أراضٍ زراعية. وبدون حماية الغابات، فإن الفوسفور ينزح من التربة ويتحول إلى الأنهار والبحيرات. وهناك يسبب غالباً زيادة غير مرغوبة في نمو الطحالب. وفي النهاية يحبس الفوسفور في ترسبات عند قاع البحيرات أو البحار. وبسبب هذه الخسارة يتحتم على المزارعين استخدام مخصبات باهظة التكلفة لإعادة العنصر ثانية إلى التربة.

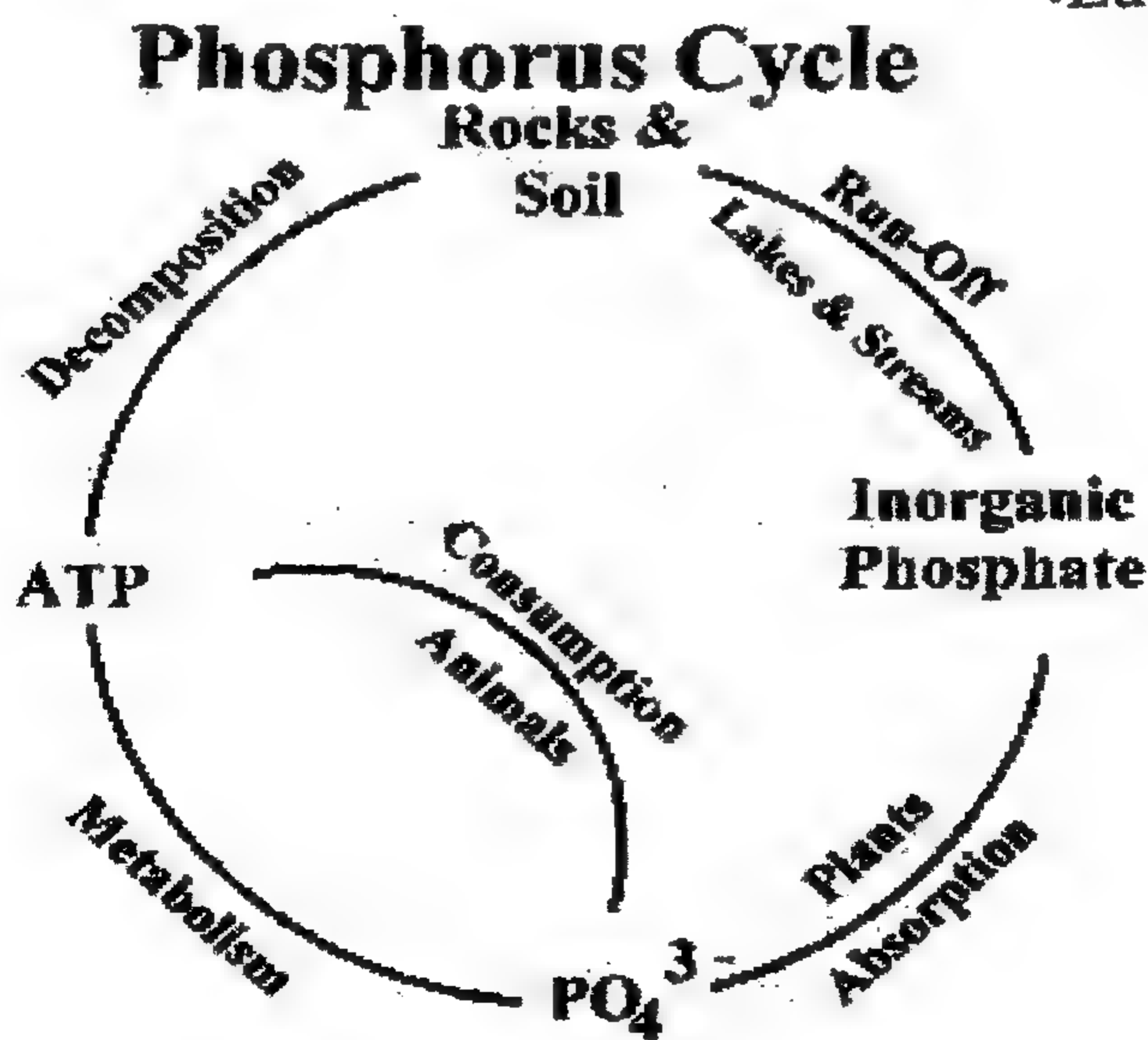
### **اضطراب النمو البيولوجي (الاثراء الغذائي) Eutrophication.**

مركبات الفوسفات من المركبات الثابتة من الناحية الكيميائية ولذلك فإن اثارها تبقى في التربة زمناً طويلاً، وتعد مركبات الفوسفات من اهم المركبات التي تلوث مياه المجاري المائية وتؤدي زيادة نسبتها الى الاضرار بحياه كثير من الكائنات الحية التي تعيش في تلك المجاري المائية ومن الاضرار التي تسببها المخصبات الزراعية الفوسفاتية الزائدة عن حاجة النبات ما يلي:

1- عندما تتساقط كميات كبيرة من المركبات الفوسفاتية إلى أنظمة المياه حيث تعمل على تحفيز النمو الزائد للطحالب، أي زيادة في نمو الطحالب وتكاثرها، إلى حد لا تستطيع الحيوانات الصغيرة وغيرها في البحيرة استهلاك هذه الكميات من الطحالب، ما يجعل قدر كبير من هذه الطحالب يموت ويرسب في قاع البحيرة، ليتم تحلله هناك.

ويتطلب تحلل بقايا الطحالب المترسبة في قاع البحيرة نسبة عالية من الأكسجين المذاب في الماء. ويتم هذه الطلب الزائد على الأكسجين المذاب في الماء على حساب احتياجات الحيوانات المائية في البحيرة، ما يجبر هذه الحيوانات للهجرة من البحيرة التي تدهنت فيها نسبة الأكسجين المذاب.

وكلما اختفت أو هاجرت الحيوانات من البحيرة، ازداد نمو وتكاثر الطحالب، بسبب عدم وجود من يستهلكها. وبهذه الطريقة يتسارع تكاثر الطحالب في البحيرة وهجرة الحيوانات منها، ما يسبب انقطاعاً في السلسلة الغذائية لنظام البحيرة. ويعرف هذا الخلل في النظام البحيري علمياً، باسم اضطراب النمو البيولوجي Eutrophication.



شكل 8-1 مخطط لدورة الفسفور

## 1-6. إختلال التوازن البيئي

إن التفاعل بين مكونات البيئة عملية مستمرة تؤدي في النهاية الى إحتفاظ البيئة بتوازنها ما لم ينشأ إختلال نتيجة لتغير بعض الظروف الطبيعية كالحرارة والأمطار او نتيجة لتغير الظروف الحيوية او نتيجة لتدخل الإنسان المباشر في تغير ظروف البيئة.

فالتغير في الظروف الطبيعية يؤدي الى إختفاء بعض الكائنات الحية وظهور كائنات أخرى، مما يؤدي الى إختلال في التوازن والذي يأخذ فترة زمنية قد تطول او تقصر حتى يحدث توازن جديد. وأكبر دليل على ذلك هو إختفاء الزواحف الضخمة نتيجة لإختلاف الظروف الطبيعية للبيئة في العصور الوسطى مما أدى الى انقراضها فاختلت البيئة ثم عادت الى حالة التوازن في إطار الظروف الجديدة بعد ذلك. كذلك فإن محاولات نقل كائنات حية من مكان الى آخر والقضاء على بعض الأحياء يؤدي الى إختلال في التوازن البيئي.

غير أن تدخل الإنسان المباشر في البيئة يعتبر السبب الرئيسي في إختلال التوازن البيئي، فتغير المعالم الطبيعية من تجفيف للبحيرات، وبناء السدود، وإقتلاع الغابات، وردم المستنقعات، واستخراج المعادن ومصادر الاحتراق، وفضلات الإنسان السائلة والصلبة والغازية، هذا بالإضافة الى إستخدام المبيدات والأسمدة كلها تؤدي الى إخلال بالتوازن البيئي، حيث أن هناك الكثير من الاوساط البيئية تهددها أخطار جسيمة تنذر بتدمير الحياة بأشكالها المختلفة على سطح الأرض، فالغلاف الغازي لا سيما في المدن والمناطق الصناعية تتعرض الى تلوث شديد، ونسمع بين فترة وأخرى عن تكون السحب السوداء والصفراء السامة والتي كانت السبب الرئيسي في موت العديد من الكائنات الحية وخصوصا الإنسان.

أضف الى ذلك ما يتعرض إليه الغلاف المائي من تلوث من خلال استنزاف الثروات المعدنية والغذائية هذا بالإضافة الى إلقاء الفضلات الصناعية والمياه

العادمة ودفن النفايات الخطرة. أما اليابسة فحدث ولا حرج، فالقاء النفايات والمياه العادمة وإقتلاع الغابات وتدمير الجبال وفتح الشوارع وازدياد أعداد وسائل النقل وغيرها الكثير أدى الى تدهور في خصوبة التربة وإنتشار الأمراض والابوئة خصوصا المزمنة والتي تحدث بعد فترة زمنية من التعرض لها.

وبالرغم من تقدم الإنسان العلمي والتكنولوجي والذي كان من المفروض أن يستفيد منه لتحسين نوعية حياته والمحافظة على بيئته الطبيعية، فإنه أصبح ضحية لهذا التقدم التكنولوجي الذي أضر بالبيئة الطبيعية وجعلها في كثير من الأحيان غير ملائمة لحياته وذلك بسبب تجاهله للقوانين الطبيعية المنظمة للحياة. وعليه فإن المحافظة على البيئة وسلامة النظم البيئية وتوازنها أصبح اليوم يشكل الشغل الشاغل للإنسان المعاصر من أجل المحافظة على سلامة الجنس البشري من الفناء . والشكل التالي يبين دورة النظام البيئي البشري والذي يتكون من مدخلات هي المنتجات والتي يجري عليها عمليات الاستهلاك لتنتج مخرجات هي الفضلات.

### 1-7. التنوع البيولوجي في البيئة

التنوع البيولوجي يعنى تنوع جميع الكائنات الحية، والتفاعل فى ما بينها، بدءا بالكائنات الدقيقة التى لا نراها الا بواسطة الميكروسكوب، وانتهاء بالأشجار الكبيرة والحياتان الضخمة. والتنوع البيولوجي موجود فى كل مكان، فى الصحارى والمحيطات والأنهار والبحيرات والغابات. ولا أحد يعرف عدد أنواع الكائنات الحية على الأرض. فقد تراوحت التقديرات لهذه الأنواع بين 5 و 80 مليون أو أكثر، ولكن الرقم الأكثر احتمالا هو 10 مليون نوع. وبالرغم من التقدم العلمى الذى يشهده العالم لم يوصف من هذه الأنواع حتى الآن سوى 1.4 مليون نوع، من بينها 750،000 حشرة و 41،000 من الفقاريات و 250،000 من النباتات، والباقي من مجموعات اللافقاريات والفطريات والطحالب وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة.



## جدول 1-2

عدد الأنواع المعروفة والتقدير لعدد الأنواع المتوقع وجودها في المجموعات البيولوجية المختلفة

مسلسل	المجموعة	عدد الأنواع المعروفة	التقدير لعدد الأنواع المتوقع
1	المفصليات	874161	30 مليون نوع من الحشرات وقدر هذا الرقم من دراسة في الغابات الاستوائية في بنما.
2	النباتات الراقية	248400	تتراوح التقديرات بين 275000 إلى 400000 نوع.
3	اللافقرات "عدا المفصليات"	116873	اللافقرات الحقيقية قد تعد بالملايين والنيماطودا والديدان الثعبانية والمستديرة قد يصل كل منها إلى مليون نوع
4	النباتات غير الراقية	73900	التقديرات غير متاحة
5	الكائنات الدقيقة	36000	التقديرات غير متاحة
6	الأسماك	19006	21000 نوعاً
7	الطيور	9040	تمثل الأنواع المعروفة حوالي 98% من كل الطيور
8	الزواحف	8962	الأنواع المعروفة من الزواحف والبرمائيات قد يصل إلى 95% من كل الأنواع
9	الثدييات	4000	كل الأنواع معروفة تقريباً
10	المجموع	1310992	يعد رقم 10 مليون رقماً متحفظاً، أما إذا اعتبر الرقم بالنسبة للحشرات صحيحاً فقد تصل الأرقام إلى 30 مليون أو أكثر.



## 1-8. مفهوم التلوث البيئي Concept of Environmental Pollution

لقد ادي التنامي الكبير لعدد السكان في العالم والتقدم الصناعي والزراعي في القرن العشرين، اضافة الي عدم اتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث وانعدام التخطيط السليم الي تلوث عناصر البيئة كالارض والهواء والماء، واستنزاف مصادر الثروة الطبيعية. ويمكن اعتبار مشكلتي التلوث واستنزاف الموارد الطبيعية من اهم المشاكل البيئية الرئيسية في هذا العصر سواء للعالم المتقدم أو العالم النامي. وعادة يقصد بالتلوث بأنه تداخل الأنشطة الإنسانية في موارد وطاقات البيئة بحيث يؤدي هذا التداخل الي تعرض صحة الإنسان ورفاهيته أو المصادر الطبيعية للخطر أو جعلها في وضع يحتمل معه تعرضها للخطر بشكل مباشر أو غير مباشر. ويعرف التلوث بوجود مادة أو مواد غريبة في أي مكون من مكونات البيئة يجعلها غير صالحة للاستعمال أو يحد من استعمالها. وتعرف الملوثات بأنها المواد أو الميكروبات أو الطاقات التي تلحق الأذى بالإنسان أو الكائن الحي عموماً وتسبب له الأمراض أو تؤدي به الي الهلاك.

وقد كانت النظم البيئية الطبيعية في الماضي قادرة علي استيعاب الملوثات سواء في التربة أو الماء أو الهواء، وذلك لقلة كميات وتركيزات الملوثات وعدم وجود مواد غريبة عن البيئة صعبة أو عديمة التحلل. أما اليوم فالنظم البيئية الطبيعية أصبحت غير قادرة علي استيعاب الملوثات وذلك لزيادة كميات وتركيزات الملوثات ودخول مواد غريبة غير قابلة التحلل. وتجدر الإشارة الي أن البيئة يضاف اليها سنوياً أعداد هائلة من المواد الغريبة تقدر بـ 5000 مركب كيميائي جديد. ويعتمد تأثير هذه المواد علي درجة تركيزها في البيئة وخصائصها الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية وطبيعة تفاعلها مع بعضها البعض ومع البيئة المحيطة. وفي بعض الأحيان تحدث هذه المواد خللاً في النظم البيئية مثل:

1- الحد أو حتي القضاء علي عملية التنقية الذاتية أو الطبيعية للماء والتربة.

- 2- القضاء علي بعض انواع النباتات او الحيوانات وزيادة مناعة الحشرات الضارة
- 3- تلوث السلاسل الغذائية البرية والمائية التي يقف علي راسها الإنسان.

لذا عمدت الكثير من دول العالم الي اصدار تشريعات وقوانين تلزم المصانع المنتجة للمواد الكيماوية علي اجراء الأختبارات عليها للتعرف علي سرعة تحللها في الطبيعة، ومعدل وسرعة تركزها في السلاسل الغذائية، ودرجة تأثيرها علي الجينات وكون احتمال ان تكون مسببة للسرطان وغيرها وذلك قبل الترخيص بانتاجها والسماح باستعمالها. وبالرغم من تطبيق برامج الفحص الدقيقة والطويلة الا أنه لا يمكن تفادي تأثير اية مادة كيميائية بنسبة 100 % وذلك للأسباب الآتية:

1. تتم الفحوصات والأختبارات عادة علي المستوي المعملّي وتحت ظروف مختبرية محددة، بينما يقترن وجود هذه المادة الكيميائية بالبيئة التي تتواجد فيها وبمعامل وظروف مختلفة ومتعددة مثل اختلاف درجة الحرارة والرطوبة، ووجود المواد العضوية والمواد غير العضوية وبالتالي ينتج عم تفاعلها تغيرات وخواص كيميائية تختلف عن التي تحدث في المختبر.
2. تتم الفحوصات والأختبارات عادة علي الحيوانات كالكلاب والفئران والخنازير وغيرها من الحيوانات وبالتالي لا يمكن تعميم فسيولوجيتها ومدي استجاباتها لتلك المواد وبالطبع نتائجها علي الإنسان.
3. تختلف الكائنات الحية من نفس النوع في مقاومتها للمواد الكيماوية ومناعاتها المكتسبة لها.

لذلك يجب الامتناع عن استعمال المواد الكيماوية قدر الامكان وفي اضيق الحدود.

#### 1-8-1 مصدر التلوث Pollution Source

هناك المصدر الذي تتبعث منه بعض الملوثات، مثل أنبوب المجاري الذي يطرح ماء متسخاً في نهر من الأنهار، من نقطة محدودة او مكان محدد، ويعرف هذا بتلوث المصدر المحدود، في حين تتبعث ملوثات أخرى من مناطق واسعة. ففي

مقدور الماء الجاري في المزارع أن يحمل معه المبيدات والأسمدة إلى الأنهار، كما أن بإمكان مياه الأمطار أن تجرف الوقود والزيت والأملاح من الطرق ومواقف السيارات، وتحملها إلى الآبار التي تزودنا بمياه الشرب. ويسمى التلوث الصادر عن مثل هذه المناطق الواسعة بتلوث المصدر اللامحدود.

## 9-1. أنواع التلوث البيئي Types of Environmental Pollution

يمكن تقسيم انواع التلوث البيئي تبعاً للمكان الذي يحدث به التلوث، فغالباً الملوثات تنتقل عبر الهواء والماء والتربة ولأن الماء والهواء والتربة غير منفصلة بل مرتبطة ببعضها البعض فيمكن أن نجد نوع واحد من التلوث منتشر في كل من المحيط الغازي والمائي والارضي. ولهذا فانواع التلوث البيئي طبقاً لهذا المنظور تنقسم الي الاتي:

1. تلوث الهواء.

2. تلوث الماء.

3. تلوث التربة.

### 1. تلوث الهواء Air Pollution

يصبح الهواء ملوثاً اذا حدث تغير في تركيبه الطبيعي او دخلت عليه عناصر غريبة، سواء كانت هذه العناصر طبيعية او كيميائية او بيولوجية مثل الغازات او الجسيمات او الميكروبات، خلال فترة قصيرة او طويلة بحيث تؤدي الي الحاق ضرر بحياة الإنسان او الحيوان او الكائنات الاخرى او الممتلكات الاقتصادية.

### 2. تلوث الماء Water Pollution

يقال ان الماء ملوث اذا ما احتوي علي مواد غريبة سائلة او صلبة عضوية او غير عضوية ذائبة او غير ذائبة او كائنات دقيقة، وتغير هذه المواد من الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء، وبذلك يصبح غير صالح للاستهلاك المنزلي او في الزراعة او في الصناعة.

### 3. تلوث التربة Soil Pollution

تلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة او زيادة في تركيز احدي مكوناتها الطبيعية مما يؤدي الي التغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة.

وايضا ولكن إذا وجد ما يخل بوظائف التربة عن أداء مهامها فهو يعتبر تلوث للتربة واجهاد لها. وهذه المواد التي يطلق عليها ملوثات التربة قد تكون مبيدات او مواد وأسمدة كيميائية أو امطار حمضية ساقطة أو نفايات صناعية أو نفايات وفضلات منزلية او النفايات المشعة.

#### 10-1. دور الكيمياء في خدمة البيئة

تؤدي الكيمياء دورا هاما في خدمة البيئة، فقد قدمت الكيمياء العديد من الحلول العملية والتطبيقية للكثير من المشاكل البيئية، فيقدم علم الكيمياء فهما وتوضيحا لكثير من التفاعلات الكيميائية داخل الانظمة البيئية، ويشرح العمليات الكيميائية التي تتم داخل المنظومات البيئية كدورات الحياه البيوجيوكيميائية وعمليات تدفق الطاقة، كما ان العديد من التطبيقات الكيميائية قد نفذت للتحكم في التلوث البيئي من خلال التخلص من الملوثات وازالة اثارها واضرارها. وتتمثل هذه التطبيقات في كثير من العمليات والتقنيات والطرق الكيميائية لمكافحة وازالة ملوثات الهواء والماء والتربة عن طريق التفاعلات الكيميائية. كما تقوم المختبرات الكيميائية بدور هام في خدمة البيئة وذلك من خلال:

- دراسة العمليات الكيميائية داخل الانظمة البيئية.
- رصد الملوثات والإنبعاثات الملوثة وتعيين تركيزاتها في الماء والهواء والتربة.
- حماية البيئة من التلوث من خلال التجارب البحثية المتعلقة بالبيئة.
- المساعدة في وضع حلول لمشاكل التلوث الكيميائي للبيئة.
- كشف السموم والملوثات البيئية في جميع الموائ والمطارات.



- المساعدة في تقييم المخاطر البيئية.
- المساعدة في تقييم الآثار البيئية للمشروعات الإنمائية (صناعة - زراعة - إسكان).
- تقييم أداء محطات المعالجة للصرف الصحي أو محطات المخلفات الصناعية السائلة.
- المساعدة في تطوير وابتكار طرق وعمليات واجهزة مكافحة التلوث والتحكم فيه.
- المساعدة في ابحاث ودراسات التلوث البيئي.
- المشاركة في وضع المواصفات الخاصة ببعض الاجهزة المستخدمة في المجالات البيئية.
- المشاركة في وضع المواصفات الخاصة بالاختبارات والفحوص البيئية خاصة الاختبارات الكيميائية.



## الفصل الثاني

# كيمياء التربة وتلوث التربة والبيئة الأرضية

2. مقدمة عن التربة
- 2-1. المفاهيم المختلفة لتعريف التربة
- 2-2. فائدة التربة
- 2-3. التنوع البيولوجي للتربة
- 2-4. أصناف الأتربة
- 2-5. التركيب الطبيعي والكيميائي والبيولوجي للتربة
- 2-6. العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض
- 2-7. مفهوم تلوث التربة
- 2-8. مصادر تلوث التربة
- 2-8-1. التلوث الطبيعي للتربة
- 2-8-2. الملوثات البشرية (الصناعية) للتربة
- 2-9. التحكم في تلوث التربة





## الفصل الثاني

### كيمياء التربة وتلوث التربة والبيئة الأرضية

#### 2. مقدمة عن التربة

التربة مورد متجدد من موارد البيئة تتكون من مواد صلبة عضوية وغير عضوية، وتعد التربة العنصر الثالث الهام من العناصر البيئية بعد الهواء والماء، فهي تؤلف جزءاً لا يتجزأ من المنظومة البيئية Ecosystem، والتربة تتبادل المواد والطاقة مع النظامين البيئيين المائي والهوائي، كما يرتبط سلامة التربة وتلوثها بمدى سلامة وتلوث كل من الهواء والماء لتأثر العناصر الثلاثة ببعضهما البعض في اتزان بيئي فريد. ومن ثم فإن دراسة التربة من الدراسات الهامة لفهم النظم البيئية.

والتربة هي الطبقة الهشة التي تغطي صخور القشرة الأرضية على إرتفاع يتراوح ما بين بضع سنتيمترات إلى عدة أمتار وهي مزيج أو خليط معقد من المواد المعدنية والعضوية والهواء والماء فيها يثبت النبات جذوره ومنها يستمد مقومات حياته اللازمة لبقائه وتكاثره وإنتاجه. وهي تشكل مصدر عيش الإنسان باعتبارها الوسط الملائم لنمو النباتات بمختلف أشكالها وأنواعها.

والتربة نظام بيئي مفتوح صلب لا عضوي وصلب عضوي ومعقد مبعثر ومسامي غير متجانس ومتغير في الحيز والزمن، يشغل الجزء السطحي من القشرة الأرضية.

وعلم التربة soil science فيُعنى بدراسة خصائص التربة الشكلية والميكانيكية والفيزيائية والكيميائية والحيوية والخصوبية، كما يتناول التربة توزيعاً وتصنيفاً وصيانة واستصلاحاً واستعمالاً.

والتربة هي مورد فعال يزود النباتات بالحياة، وهي مكونة من خليط نو أحجام مختلفة من جسيمات معدنية (رمل، غرين، طين) ومواد عضوية وأنواع

متعددة من الكائنات الحية. وبالتالي فإن للتربة خصائص بيولوجية وكيميائية وفيزيائية بعضها ديناميكي يمكنه التغير حسب طرق التعامل مع التربة.

## 2-1. المفاهيم المختلفة لتعريف التربة

للتربة ثلاثة معاني يمكن تعريفها من خلالها فالتربة من المفهوم الزراعي تختلف عن التربة من المفهوم الجيولوجي وتختلف من المفهوم الهندسي. عموما يمكن تعريف التربة من المفاهيم الثلاثة كالآتي:

التربة من المعني او المفهوم الزراعي تعرف التربة من هذا المعني بأنها الطبقة السطحية الرقيقة من الأرض الصالحة لنمو النبات والتي ينمو فيها النبات ويتخلل جذوره طبقتها.

التربة من المعني او المفهوم الجيولوجي تعرف التربة من هذا المعني بأنها الطبقة او الجزء من الأرض التي حدث لها تجوية (الجزء المجوي المفتت).

التربة من المعني او المفهوم الهندسي تعرف التربة من هذا المعني بانها سطح الارض المتماسك الذي يمكن استغلاله واستخدامه هندسيا في تشييد المنشآت عليه.

وعموما التربة تعرف بأنها الطبقة السطحية من الأرض التي تستخدم لأغراض عدة، وقد تكونت التربة خلال سلسلة من العمليات المعقدة استمرت ملايين السنين نتيجة فعل الحرارة والرطوبة والرياح والكائنات الحية مثل النباتات الأولية والراقية والحيوانات.

وتلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة أو زيادة في تركيز احدي مكوناتها الطبيعية مما يؤدي الي التغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة.

وايضا ولكن إذا وجد ما يخل بوظائف التربة عن أداء مهامها فهو يعتبر تلوث للتربة واجهاد لها. وهذه المواد التي يطلق عليها ملوثات التربة قد تكون مبيدات أو مواد واسمدة كيميائية أو امطار حمضية ساقطة أو نفايات صناعية أو

نفايات وفضلات منزلية أو نفايات مشعة. ويؤدي تلوث التربة الي تلوث المحاصيل النباتية الزراعية بمواد تضر بصحة الإنسان الذي يتغذي عليها مباشرة أو بطريقة غير مباشرة عن طريق انتقال هذه الملوثات الي المنتجات الحيوانية مثل البيض واللحم والحليب التي يتناولها الإنسان. كما يؤدي ايضا الي الاضرار بالمنشآت الهندسية والمياه السطحية والجوفية.

ومصادر تلوث التربة عديدة منها الغلاف الجوي والغلاف المائي أو الغلاف الحيوي بما في ذلك الإنسان وانشطته المختلفة وهذا يدل علي ان مكونات التربة تعتمد علي مكونات الهواء والماء وتركيب الهواء يعتمد عي التربة والماء وهكذا اي ان التربة احد المكونات الرئيسية للدورات الطبيعية لبيئة الأرض والمرتبطة فيما بينها.

## 2-2. فائدة التربة

للتربة العديد من الخدمات والوظائف المهمة، فهي تدعم نمو وتنوع النبات والحيوان من خلال تقديم البيئة البيولوجية والكيميائية والفيزيائية الضرورية لتبادل كل من الماء والمواد المغذية والطاقة والهواء.

كما تنظم التربة توزيع المطر أو مياه الري بين التسريب والفائض وتدفع وتخزن الماء والمواد المذابة بما فيها النيتروجين والفسفور والمبيدات الحشرية والمواد المغذية الأخرى والمركبات المذابة في الماء، وتخزن التربة أيضا وتسهل عملية انطلاق المواد الغذائية المغذية للنبات والعناصر الأخرى وتعمل على تنظيم إنتاجها بشكل دوري، كما تعمل التربة كمصفاء لحماية جودة الماء والهواء والموارد الأخرى، وتدعم أيضا الأبنية وتحفظ الثروات الأثرية.

## 2-3. التنوع البيولوجي للتربة

يعكس التنوع البيولوجي للتربة اختلاط الكائنات الحية فيها، حيث تتفاعل هذه الكائنات مع بعضها البعض ومع النباتات والحيوانات الصغيرة مشكلة عالم من

النشاطات البيولوجية، فالتربة من أكثر أجزاء الأرض المتنوعة بيولوجياً، حيث تتضمن شبكة غذاء التربة الخنافس والسوس والديدان والعناكب والنمل والفطر والبكتيريا وعضويات أخرى.

إن هذه العضويات تحسن من امتصاص وتخزين الماء، ومن مقاومة التربة للانجراف، ومن تحسين المواد المغذية للنبات، وتحليل المواد العضوية. كما يزود الاختلاف الواسع من العضويات فحوصات وتوازنات في شبكة الغذاء في التربة من خلال التحكم بالسكان وقابلية التحرك والانتقال والقدرة على العيش من فصل إلى فصل.

## 4-2. أصناف الأتربة

يمكن تقسيم الأتربة من حيث تركيبها إلى خمسة أصناف أساسية، رغم أنها متوافرة في معظم الأحيان في خليط مع بعضها.

1- التربة الطينية (soil clay): تتكون من أجزاء دقيقة جداً، لذلك يطلق عليها - في علم الجئانة - إسم "التربة الثقيلة" لأنها صعبة العزق أو النكش. قد تكون هذه التربة خصبة جداً في بعض الأحيان إلا أنها تفتقر دائماً إلى الصرف الجيد (أي يصعب تسرب الماء و الهواء في مساماتها). لذلك إذا كانت التربة رطبة فستتكتل وتتحد وتمنع بدورها دخول الهواء فيها. وإذا كان جافة فستتشقق وتحدث فجوات كبيرة من جراء التشقق وبالتالي سيصعب التعامل معها. يمكن تخفيف ثقل هذه التربة وتحسين جودتها من خلال إضافة مادة الدبال إليها. ومادة الدبال عبارة عن مواد عضوية متحللة. لذلك يمكن إعتبار زبل (روث) الحيوانات، وأوراق الأشجار، ومخلفات الحديقة، وبعض المواد العضوية الأخرى هي التي يتكوّن منها الدبال. تُضاف هذه المواد عادة و تُفلح مع التربة حتى تنطمر وتتغفن ببطيء لتصبح ما يسمى بالدبال.



2- التربة الرملية (sandy soil): على نقيض النوع الاول، تتكوّن من أجزاء كبيرة. تسمى بالتربة الخفيفة لأنها سهلة العزق او النكش في جميع حالات الطقس. و نظرا لنسبة المياه الضئيلة التي يمكن أن تحتفظ بها هذه الأتربة، فإنها تجف بسرعة. تحتاج هذه الأنواع من الأتربة إلى كميات كبيرة من المواد العضوية التي ذكرناها في الصنف الاول من الأتربة (التربة الطينية) لكي يتسخّن وضعها ومستوى خصوبتها.

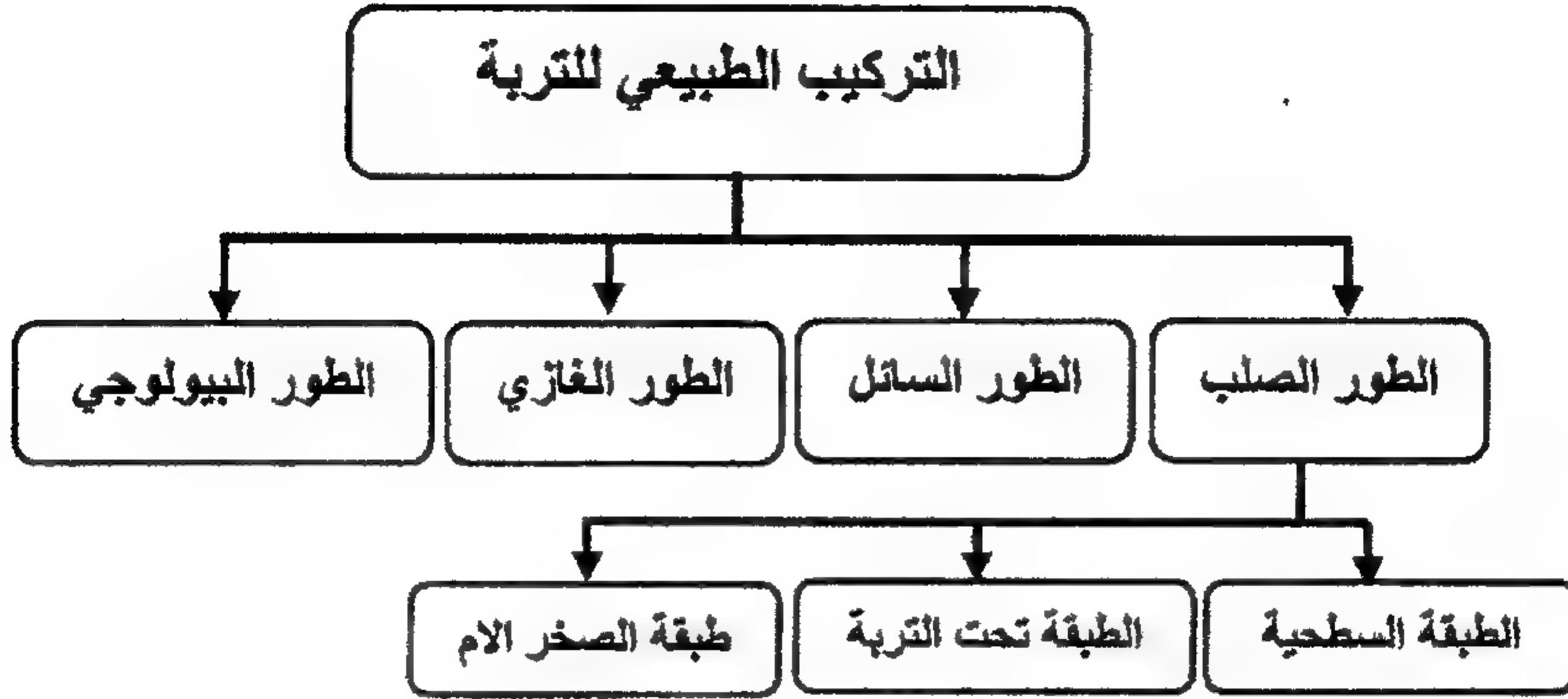
3- التربة الطفليّة (loamy soil): هي أفضل الأتربة على الإطلاق. تتكون من خليط من التربة الطينية و التربة الرملية. تتميز هذه التربة بأنه يسهل العمل بها وليست قاسية ولا تشكل كتلا كبيرة إذا جفّت. ومن المهم أن تكون التربة كثيفة ومحرثة جيدا حتى يتسنى لجذور النباتات إختراقها بسهولة وبسرعة. وإذا أضيفت الأسمدة العضوية فستكون تربة أكثر من مثالية لزراع النباتات. تتميز أيضا بأنها تسخن بسرعة في الربيع، ولا تجف بسرعة في الصيف - لأنها قادرة على إحتجاز كميات كبيرة من الماء.

4- الطمي (soil cilty): من خصائص هذه التربة أنها مالسة ولزقة، وجيدة الصرف. كما أنها غنية بمادة الدبال، لذلك أكثر خصوبة من التربة الرملية.

5- الخث (peaty soil): تحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية (يحتوي بشكل أساسي على مادة الخث: وهو نسيج نباتي نصف متفحّم يتكوّن بتحلّل النباتات تحلّلا جزئيا). تتميز هذه التربة بأنها داكنة اللون، وتسخن بسرعة في الربيع. تتميز أيضا بقدرتها على الإحتفاظ بكميات كبيرة من المياه بداخلها مما يجعلها رطبة لمدة أطول من الأتربة الأخرى. أخيرا هي تربة مثالية للزراع، خاصة إذا أضيفت لها الأسمدة العضوية.

## 2-5. التركيب الطبيعي والكيميائي والبيولوجي للتربة

التربة نظام غير متجانس ذو بنية مفككة يتكون من أربعة أطوار صلبة وسائلية وغازية وبيولوجية كما يبين الشكل التالي.



شكل 1-2 مخطط للتركيب الطبيعي للتربة

### أولاً: الطور الصلب

ويتكون الطور الصلب من التربة من:

أ- مواد غير عضوية تتكون من حبيبات بعضها كبير وبعضها صغير لا يري الا بالميكروسكوب تكونت من الصخور نتيجة لعمليات التعرية الفيزيائية والكيميائية والحيوية حيث يلعب نوع هذه المواد دورا هاما في تحديد خصوبة التربة من عدمه وكذلك درجة تلك الخصوبة.

ب- مواد عضوية هي عبارة عن بقايا ومخلفات النبات والحيوان نتيجة لعمليات التحلل البيولوجي بواسطة الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة مثل البكتيريا والفطريات وتلعب المواد العضوية دورا بارزا في تحديد انتاجية التربة. ويعتمد تراكم المواد العضوية في التربة علي عدة عوامل اهمها درجة الحرارة وتوفر الأكسجين حيث ينخفض التحلل الحيوي بانخفاض كل من درجة الحرارة وكمية الأكسجين الموجودة (حيث ان كثير من عمليات التحلل الحيوي تتم بالكائنات الهوائية).

وعادة يتكون الطور الصلب من ثلاث طبقات متتالية عبارة عن:

أ- الطبقة السطحية Surface Soil وهي الطبقة التي تغلف الأرض وعمقها لا يتجاوز عدة سنتيمترات وتحتوي علي المواد العضوية وتعيش فيها معظم الكائنات الدقيقة كما تحتوي علي الكثير من العناصر الرئيسية كما يبين الجدول التالي:

### جدول 1-2

جدول النسب المئوية الوزنية للعناصر المكونة للقشرة الأرضية

العنصر	النسبة المئوية الوزنية W/W
الأكسجين	46.60
السيليكون	27.72
الالومنيوم	8.13
الحديد	5.0
الكالسيوم	2.63
الصوديوم	2.83
البوتاسيوم	2.59
الماغنيسيوم	2.09

ب- طبقة تحت التربة Subsoil Layer وهي تقع تحت الطبقة السطحية للتربة مباشرة وبها قليل من بقايا الكائنات الحية عند مقارنتها بالطبقة السطحية.

ج- طبقة الصخرالام Solid Layer وهي عبارة عن الطبقة الثابتة الاصلية الصلبة والتي تكونت منها التربة وهي اقل عرضة لعوامل تكون التربة من رياح ورطوبة ودرجة حرارة بسبب تكوينها الصخري وتختلف حيب نوعية الصخر وتكوينه الجيولوجي.

## ثانياً: الطور السائل

وهو الذي يسمى عادة محلول التربة وهو عبارة عن محلول مائي يحوي العديد من الأملاح بالإضافة الي بعض المواد العضوية، وهو يمتص من قبل النبات عبر الجذور ثم ينتقل من النبات الي الغلاف الجوي خلال عملية النتح Transpiration.

## ثالثاً: الطور الغازي

وهو عبارة عن الهواء الموجود داخل فراغات التربة، ويشكل حوالي 35% من حجم التربة ويختلف تركيبه قليلا عن هواء الغلاف الجوي اذ يحتوي علي نسبة اقل من الأكسجين ونسبة اكبر من ثاني أكسيد الكربون.

## رابعاً: الطور البيولوجي

ويشمل كل ما هو حي في الأرض كالأحياء الدقيقة بصورها وأنواعها (ميكروبات- فطريات- طحالب....) والديدان الأرضية والحشرات وجذور النباتات.

## النشاط البيولوجي للتربة:

النشاط البيولوجي في التربة عامل أساسي في خصوبتها فالتربة ليست هي مجموعة من العناصر المعدنية متراكمة فوق بعضها البعض، بل هي وسط حيوي يحتوي بالإضافة إلى العناصر المعدنية على كائنات حية متنوعة نباتية وحيوانية تلعب دوراً كبيراً في تشكّل التربة وتطورها فهي تلعب دوراً هاماً في التفاعلات البيوكيميائية التي تجري في التربة والتي ينتج عنها تحول المادة العضوية إلى دبال وتحضير المواد النتروجينية اللازمة لتغذية النباتات وتنشط هذه التفاعلات عندما تكون الشروط الطبيعية (حرارة، تهوية، رطوبة) ملائمة لنشاط هذه الكائنات.



## 2-6. العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض وتكون التربة<sup>(\*)</sup>

إذا كانت الجبال هي النتيجة المباشرة للعمليات الداخلية فإن هناك أيضاً عمليات خارجية تؤدي دوراً مكملًا للعمليات الداخلية في تكوين معالم وظواهر سطح الأرض.

ولعل الدور الأكبر الذي تؤديه تلك العمليات الخارجية هي إزالة تلك الجبال وجعلها حطاماً ونقل هذا الحطام من أماكنه الأصلية إلى أماكن أخرى ثم ترسيبه إياها.

ويطلق على هذه العمليات أسم شامل لها وهو التعرية Denudation وتشمل كلا من التجوية Weathering والنقل Transportation والترسيب Deposition ولكل منها عوامله ووظائفه ونتائجه.

### أولاً: التجوية

التجوية هي العملية التي يؤثر من خلالها الجو من خلال عوامل معينة تؤدي إلى تكسير وتفكيك الصخور المتماسكة إلى رسوبيات فتاتية (مفتتة).

والتجوية هي أولى مراحل تلك العمليات الثلاث والتي تنتهي بالترسيب مع الأخذ في الاعتبار أنه لا يوجد فاصل بين عملية وأخرى بل إن العمليات الثلاث تتداخل فيما بينهما في معظم الأحيان.

تعد التجوية إحدى الظواهر الجيولوجية الأكثر أهمية لحياة الإنسان على هذا الكوكب، نظراً لأن نواتجها النهائية، وهي التربة الخصبة الصالحة للزراعة والمعادن ذات الأهمية الاقتصادية، تعد من أهم العناصر التي يستخدمها الإنسان للحصول على طعامه ومنافعه الأخرى، كما أن بعض نواتج التجوية هي في الحقيقة الأمر تمثل تجمعاً معدنياً له قيمة اقتصادية في الحياة البشر.

---

(\*) د/ مصطفى يعقوب <http://www.smsec.com/encyc/earth/index.htm>

وحيث أن عمليات التجوية تؤثر على المواد العضوية أكثر منها على الصخور، لذلك فإن بقايا الحيوانات والنباتات لا يمكن حفظها -من التجوية- بسهولة في السجل الصخري. كذلك فإن الكثير من المواد مثل الحديد والإسمنت - في أغلب الأحوال - لا تصمد أمام عوامل التجوية التي تقوم إن عاجلا أو آجلا بطمس ما يصنعه الإنسان من هياكل بنائية.

تقسم عمليات التجوية إلى ثلاث أقسام هي التجوية الميكانيكية والكيميائية والبيولوجية وتحدث عمليات التجوية بشكل متداخل بين بعضها البعض حيث تساعد كل عملية على تعزيز وتعجيل العملية الأخرى، وتسود التجوية الميكانيكية في المناطق شديدة الجفاف والمناطق شديدة البرودة، بينما تسود التجوية الكيميائية في المناطق شديدة الرطوبة والحرارة، أما التجوية البيولوجية فتسود أينما كان النشاط الإحيائي (البيولوجي) كبيرا ومؤثرا.

(أ) التجوية الفيزيائية (الميكانيكية) (Physical Weathering ( Mechanical): ويقصد بهذا النوع من التجوية، العمليات الطبيعية التي تؤدي إلى تحطيم الصخر وتفككه إلى فئات وحطام صخري دون المساس بالتركيب الكيميائي ويرادف التجوية الفيزيائية مصطلح التفكك (التفتت) Disintegration.

(ب) التجوية الكيميائية:

وتنشأ عادة من تفاعل الماء ومكونات الهواء الغازية مع المعادن المكونة للصخور فتحول بعض المعادن إلى معادن أخرى.

ويرادف التجوية الكيميائية مصطلح التحلل Decomposition والتجوية الميكانيكية (التفكك) والتجوية الكيميائية (التحلل) تعملان معا في الغالب وربما سادت أحدهما على الأخرى حسب الظروف المناخية وعلى سبيل المثال فإن التحلل يسود في المناطق الرطبة والدافئة بينما يسود التفكك في المناطق الصحراوية الجافة.

### (ج) التجوية البيولوجية:

التجوية هي العملية التي يحدث فيها تكسير وتفكك الصخور المتماسكة التي رسوبيات فتاتية (مفتتة) بتأثير العوامل البيولوجية كالكائنات الحية مثل تأثير الديدان والنمل في بعض الصخور الصلبة مسببة تفككها وتفتتها الي رسوبيات. والحيوانات التي تشق لها جحوراً في الأرض وجذور النباتات الممتدة في الأرض تسهم أيضاً في تكسير الصخور.

### (أ) التجوية الفيزيائية:

إن المهمة الرئيسية للتجوية الفيزيائية هي تفكك الصخر وبالتالي زيادة مساحة سطحه ومن ثم زيادة فاعلية التجوية الكيميائية.

وفيما يلي عرض لأهم عوامل التجوية الميكانيكية:

#### 1- التمدد والانكماش الحرارى Thermal Expansion and Contraction:

تعتبر الصخور بصفة عامة من المواد الرديئة التوصيل الحرارية و لما كان الصخر - أى صخر - يتكون من عدة معادن وأن لكل معدن خصائصه الحرارية الخاصة به سواء أكانت هذه الخصائص تتعلق بمعامل التمدد او الحرارة النوعية. فإن تأثير درجات الحرارة يظهر واضحا على الصخور مع البعد الزمنى الكبير.

فاختلاف درجات الحرارة وهو اختلاف كبير فى المناطق الصحراوية بين الليل والنهار الذى قد يصل فى بعض الأحيان إلى 35م° فى اليوم الواحد وهناك أيضا الفروق الموسمية بين الفصول المختلفة. كل هذا يؤدي إلى تكرار عملية تمدد المعادن وانكماشها وبالنظر إلى اختلاف معاملات التمدد الحرارى للمعادن فأنها تعمل بمرور الزمن على التفكك من بعضها البعض من خلال الضغوط الناتجة من تمدد المعادن بالحرارة مما يؤدي إلى إجهاد Stress الصخر وبالتالي خلخلة المستويات العليا من الصخر وكونا غطاء من الفتات الصخري. وتعرف هذه

العلمية باسم التقشر Exfoliation. وعندما يزال هذا الغطاء بفعل الرياح او المياه الجارية فإن الصخر يصبح معرضا لتكرار نفس التأثير... وهكذا.

## 2- أثر تجمد المياه Frost Wedging:

كثيرا ما تحتوى الصخور على شقوق وفواصل ومسام صخرية وعندما يتغلغل فيها الماء وبتأثير الحرارة المنخفضة التى تصل إلى ما دون الصفر التى يتجمد فيها الماء.

وينتج عن تجمد الماء وتحوله إلى جليد زيادة نسبيا فى الحجم تصل إلى 10% وتسبب هذه الزيادة ضغطا على الشقوق والفواصل والمسام الأمر الذى يؤدي إلى اتساعها وبتكرار عملية التجمد يتفكك الصخر إلى حطام صخري.

ويتضح تأثير تجمد المياه فى المناطق الباردة ومنحدرات الجبال حيث تكثر بها الفواصل وتعرف نواتج هذا التأثير بالتالوس Talus وهى رواسب من الفتات الصخري غير منتظم الأجزاء ويتميز بزواياه الحادة والمتراكم حول سفوح التلال والجروف.

## 3- إزالة الحمل Unloading:

من المعروف أن الصخور فى حالة إتران مع بعضها البعض بمعنى أن الطبقات السفلى من الصخور فى حالة إتران - من حيث الضغط - مع الطبقات التى تعلوها لأن الضغط هنا متجانس فى جميع الاتجاهات. فإذا حدث ترسيب بعد ذلك فإن الضغط يزداد على الطبقات السفلى. ولا يحدث لهذه الطبقات أى تشوه ما لم يتعد الضغط الواقع عليها حد المرونة. وكل ما هناك أنه سوف يحدث تغير فى الحجم بحيث تتضغط الطبقات السفلى بتأثير الضغط الناتج من زيادة الحمل.

فإذا أزيل هذا الحمل بسبب عمليات التعرية فإنه سوف يحدث إختلال فى حالة الاتزان القائمة والتى سادت ما بين الضغط الخارجى (من طبقات الصخور



العلوية) والضغط الداخلى المضاد لاتجاه الضغط الخارجى (من طبقات الصخور السفلية).

وكرد فعل لهذا الاختلال فى الإتزان فإن الضغط الداخلى سوف يعمل على إعادة الطبقات السفلية - التى تقلص حجمها - إلى حجمها الأصلى الذى كانت عليه قبل زيادة الحمل مما يؤدى إلى تكوين مجموعة من الشقوق والفواصل موازية للسطح الخارجى للطبقات الصخرية مما يؤدى إلى عملية التقشر ويختلف سمك هذه القشور أو الصفائح Sheets من عدة سنتيمترات قرب السطح إلى عدة أمتار فى الأعماق.

4- سقوط الامطار Rainfall: تعمل الامطار عند سقوطها بسرعات معينة على الصخور على تفكيكها وتفتيتها ويتضح ذلك فى سقوط الامطار على الجبال مسببة لتفكيك صخورها ومكونة لدلتا الانهار.

5- التصادم Impaction: نتيجة لتصادم الصخور مع بعضها البعض فانها تتفكك وتتفتت الي مكونات مفتتة.

### (ب) التجوية الكيميائية Chemical Weathering:

ومهمتها الأساسية التغيير الكيميائى للمحتوى المعدنى لصخور ولا سيما المعادن القابلة للتغيير والتجوية الكيميائية أنشط ما تكون فى المناطق الرطبة الدافئة ومن أهم عوامل التجوية الكيميائية:

#### 1- الذوبان Dissolution:

على الرغم من قلة المعادن القابلة للذوبان فى الماء إلا أن تأثير الذوبان يكون ذا أهمية خاصة فى المناطق التى تحوى رواسب وصخورا ملحية (مثل الملح الصخرى Rock Salt). غير أن الماء تزداد فاعليته وتأثيره على الصخور إذا اتحد بغاز ثانى أكسيد الكربون مكونا حمض الكربونيك الذى يؤثر على الصخور الجيرية التى تتكون أساسا من معدن الكالسيت (لاتنوب فى الماء) إلى بيكربونات

كالمسيوم  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  (تذوب في الماء) ومعنى هذا انتقال المادة الصخرية إلى محلول مائي تاركه مكانها فراغات وفجوات وقد تكون باستمرار عملية الذوبان مجارى وذوبان وكهوف ومغارات.

## 2- التميؤ Hydrolysis:

وهي عملية من شأنها اتحاد الماء مع بعض المعادن التى تتكون منها الصخور وينتج عنها ظهور معادن جديدة ذات صفات وخصائص جديدة تماما. ومن أشهر الأمثلة الدالة على التميؤ معادن الفلسبار التى ينتج عن اتحادها بالماء تكون معادن طينية Clay Minerals، وبطبيعة الحالة فإن عملية التميؤ التى تحدث للمعادن تكون أنشط ما يكون فى المناطق الرطبة والاستوائية حيث يقوم الماء بالدور الأساسى فيها.

## 3- الأكسدة Oxidation:

وهي عملية من شأنها تحويل بعض المعادن إلى معادن أخرى عن طريق اتحاد الأكسجين مع بعض العناصر السريعة الاتحاد به مثل عنصر الحديد وذلك فى وجود الماء كعامل مساعدة مما يؤدي إلى تغير لون المعدن المؤكسد إلى اللون البني والأحمر.. مثل تأكسد معدن البيريت إلى الليمونيت. وعلى هذا الأساس فإن مركبات الحديدوز فى معظم الصخور النارية تتحول إلى مركبات حديدك حيث تتكسر جزئيات السيليكات المعقدة.

ويعمل الماء والرطوبة العالية في الجو على تسريع عملية الأكسدة على سطح الأرض، ومن الأمثلة على ذلك أكسدة معدن الألوفين وتحوله إلى هيماتايت.

## 4- التكرين Carbonation:

من المعروف أن غاز ثنائي أكسيد الكربون قابل للإتحاد بالماء حيث يكونان معا حمضا ضعيفا هو حمض الكربونيك.

ويتفاعل حمض الكربونيك بدوره مع الصخور الجيرية مكونا بيكربونات الكالسيوم وهى مادة ذائبة. حيث ينشأ عن هذا التكون ظهور الفجوات والكهوف والمغارات فى الصخور الجيرية.

### (ج) التجوية البيولوجية

العوامل البيولوجية كالكائنات الحية مثل النبات والحيوان والإنسان تعمل على تفكيك الصخور وتحويلها الى رسوبيات مفتتة. وفيما يلى تفصيل لتأثير كل منهما:

#### أ) النبات:

عندما يمد النبات جذوره فى التربة او الشقوق والفواصل الصخرية فإنه الحقيقة يزيد من اتساع تلك الشقوق والفواصل كما أن نمو الجذور يؤدي إلى نشوء قوى ضغط شديدة على الصخور فتعمل على تحطيمها.

#### ب) الحيوان:

إن الكثير من الحيوانات التى تتخذ من أديم الأرض ماوى لها تساهم إلى حد كبير فى عمليات التجوية الميكانيكية. فالحيوانات الحافرة Burrowing مثل ديدان الأرض والحيوانات القارضة Rodents كالأرانب والفئران وكذلك النمل الأبيض Termites تعمل على تفتيت المواد الصخرية وجعلها حطاما وفتاتا من السهل بعد ذلك نقلها بفعل عوامل المختلفة.

#### ج) الإنسان:

إن النشاط الإنسانى قد ساهم إلى حد كبير فى التجوية الميكانيكية فبناء المدن والمجتمعات السكانية وما يتبعها من شق الطرق قد أدى إلى إزالة ما يعترضه من تلال. كما أن أعمال المناجم والمحاجر وحفر الانفاق قد أدى بالتبعية إلى إزالة الغطاء الصخرى فى سبيل الوصول إلى مواضع الطبقات الحاملة للخدمات.

ولاشك أيضا أن اقتطاعه أحجار البناء قد أدى إلى تعريض أجزاء جديدة من الصخور لتأثير التجوية بشقيها الميكانيكى والكيميائى.

ولا يجب أن نغفل أثر النشاط البشرى فى تبديد الموارد الطبيعية كالتراب والتحكم فى الجريان الطبيعى للأنهار بإقامته السدود الذى ينتج عنها بالتالى إختلاف معدل النحت والترسيب على طول أجزاء المجرى النهري.

كما أن الكثير من الغازات التى تصدر عن وسائل النقل والصناعة وغيرها من النشاطات البشرية الأخرى- مثل أكاسيد الكربون وأكاسيد الكبريت تتحد مع الهواء الجوى لتسقط مع الأمطار، بحيث تعرف بالأمطار الحمضية والتى أثرت على نوعية مياه الأنهار والبحيرات مما أدى إلى موت الكثير من الكائنات الحية النباتية والحيوانية فى تلك المناطق، كما أثرت تلك الأمطار الحمضية على أشجار الغابات وكذلك على المباني والمعالم الأثرية المختلفة فعملت على تجويتها وطمس معالمها.

## 2-7. مفهوم تلوث التربة

تلوث التربة الزراعية يعرف بأنه الفساد الذى يصيب التربة الزراعية فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تؤثر سلباً بصورة مباشرة أو غير مباشرة على من يعيش فوق سطحها من انسان وحيوان ونبات.

تعتمد التربة الصحية على البكتيريا والفطريات والحيوانات الصغيرة لتحليل المخلفات التى تحتويها، وإنتاج المغذيات. وتساعد هذه المغذيات فى نمو النباتات. وقد تحد الأسمدة والمبيدات من قدرة الكائنات العضوية التى فى التربة على معالجة المخلفات. وبناء عليه، فإن فى مقدور المزارعين الذين يفرطون فى استخدام الأسمدة والمبيدات أن يعملوا على تدمير إنتاجية التربة

وتلوث التربة يسبب تدمير طبقة التربة الرقيقة الصحية المنتجة، حيث ينمو معظم غذائنا. ولولا التربة الخصيبة لما استطاع المزارعون إنتاج الغذاء الكافي لدعم سكان العالم.



- يتوقف التلوث بالتربة الزراعية على:

- نوع التلوث،
- صفات الأرض،
- الظروف المناخية والعوامل الطبيعية.

وقد يحدث التلوث بصورة فورية مثل الزلازل والبراكين أو بصورة تدريجية مثل استخدام المبيدات والأسمدة المعدنية وإعادة استخدام المياه العادمة فى ري الأراضى.

- الملوثات التى تختلط بالتربة الزراعية تفقدها خصوبتها حيث تسبب قتل البكتريا المسؤولة عن تحليل المواد العضوية الموجودة بالتربة وتثبيت عنصر النتروجين بها. بل قد تحتوى التربة على مكونات بيولوجية قد تكون مسببات أمراض من كائنات دقيقة بكتيرية وفطرية وبروتوزوية وفيروسية .

- وقد تحتوى التربة على مصادر العدوى بديدان الأمعاء من بيض ويرقات والتى قد تصل إلى التربة مباشرة عن طريق الإنسان أو عن طريق مياه الري الملوثة بمياه الصرف الصحى وبعض تلك الديدان تسبب أمراض خطيرة مثل الأنيميا وأمراض الكبد والكلى والأمعاء . ومن ثم فإن المحافظة على التربة من التلوث والتدهور ضرورة حتمية من ضروريات العصر لارتباطها بصحة ووجود الإنسان.

- ويعتبر الوعي البيئى هو أهم الطرق للحفاظ على التربة من التلوث ويتحقق ذلك عن طريق رفع المستوى التعليمى والثقافى وتعليم الافراد كيفية التعامل مع التربة بحيث يصبح جزء من سلوك الفرد حيث ان المحافظة على التربة من التلوث هى مسئولية جماعية تتطلب الاقتناع التام بمسئولية الافراد تجاه التربة بحيث يصبح الحفاظ عليها أمرا واقعا.

## 2-8. مصادر تلوث التربة

تستقبل التربة كميات هائلة من الملوثات والنفايات سنوياً، ويمكن تصنيف الملوثات حسب منشأها إلى ملوثات طبيعية وملوثات بشرية أو حسب طبيعتها إلى ملوثات حيوية وملوثات كيميائية.

وتختلف مصادر تلوث التربة حيث يمكن تقسيمها إلى:

■ مصدر مباشر

■ مصدر غير مباشر

أ- مصدر التلوث المباشر

يقصد به مصدر محدد ومعلوم يمكن قياس كمية الملوثات الصادرة منه مثل انابيب الصرف الصناعي والصرف الصحي.

ب- مصدر التلوث الغير مباشر:

هي المصادر التي من الصعب قياس كمية الملوثات الناتجة عنها وذلك لانتشارها على مساحات كبيرة.. مثل التلوث الناجم من الاسمدة الكيماوية والمبيدات التي تحملها المياه السطحية إلى الاراضى الزراعية. وتلوث الهواء الجوى الناتج من عوادم السيارات والمصانع - وتعتمد حركة الملوثات فى التربة على خواص الكيمائية والفيزيائية للتربة ويتوقف معدل انتقال الملوثات على خواص التربة الفيزيائية وبالتحديد التوزيع الحجمى للحبيبات والكثافة الظاهرية ولأنهما يؤثران على حركة الماء والهواء خلال التربة. رقم pH يؤدي الى ترسب العناصر الثقيلة. فالزرنىخ والسلينيوم يكونا اكثر حركة فى الظروف القاعدية بينما الرصاص والزنك والكاديوم فى الظروف الحامضية. وتصبح العناصر اقل حركة فى الاراضى الخفيفة عنه فى الاراضى الطينية.

## ملوثات التربة طبقا للتركيب الكيميائي:

يمكن تقسيم الملوثات التي تتلوث بها التربة تبعا للتركيب الكيميائي لها الي:

• ملوثات عضوية

• ملوثات غير عضوية

### أ- اولاً: الملوثات العضوية

وتشمل الملوثات العضوية العديد من المواد والمركبات الكيميائية العضوية منها:

#### 1- الهيدروكربونات الحلقية العطرية Polycyclic aromatic hydrocarbons

ومصادرهما تتمثل في:

- احتراق الفحم والبتروول والخشب
- اسفلت
- قطران الفحم
- نبعث عوادم السيارات
- الشحوم

#### 2- المواد الاروماتية النتروجينية ومصادرهما:

- القنابل
- المبيدات الحشرية
- المبيدات البكتيرية

#### 3- الفينولات والانيلينات ومصدرها:

- مياه صرف النسيج والصباغة
- المبيدات الحشرية
- المبيدات البكتيرية
- مواد الصباغة
- مبيدات الحشائش

4- الهالوجينات الاروماتية ومصادرها:

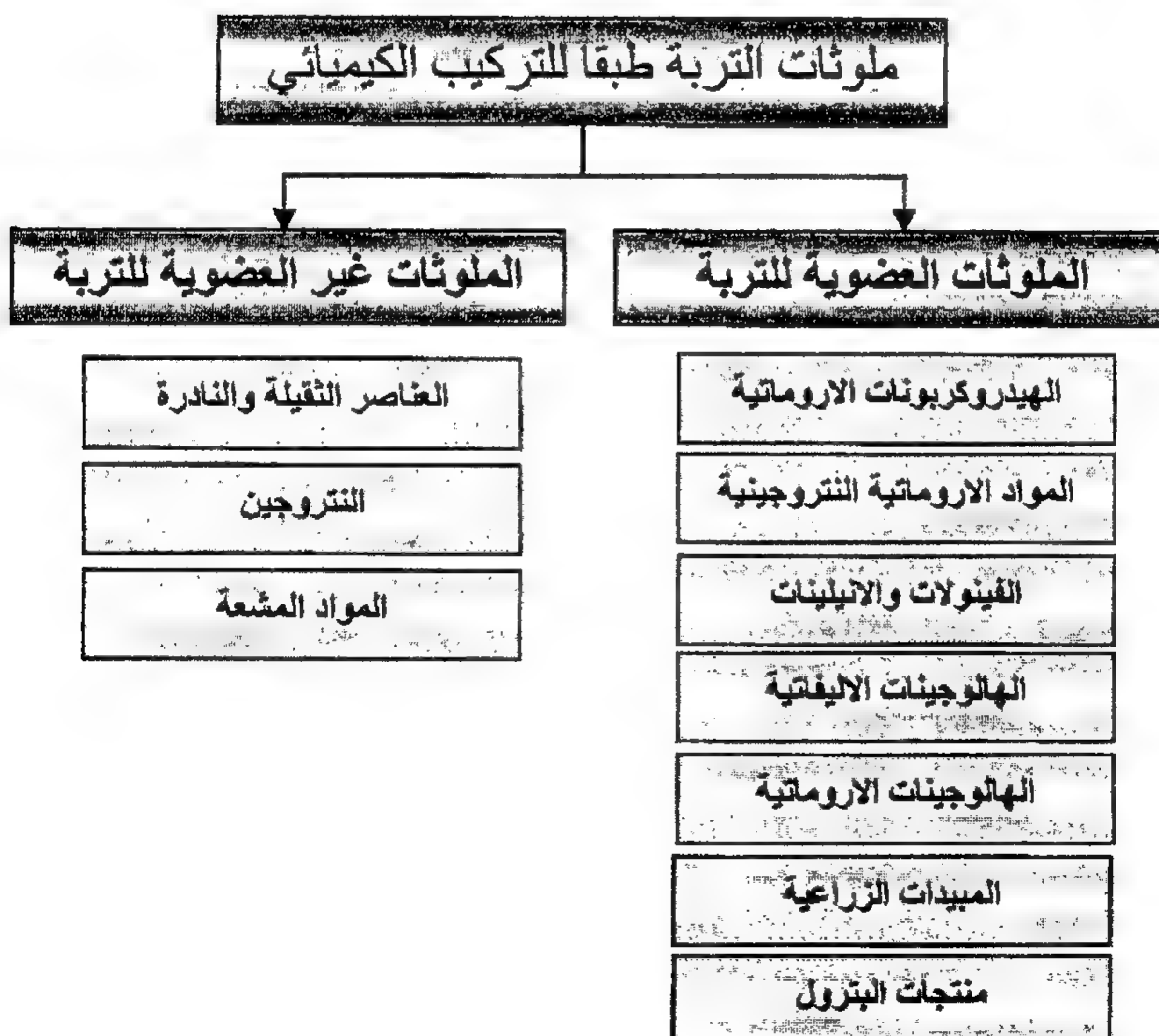
- حرق المخلفات الطبية والمخلفات الصلبة الخطرة
- احتراق البترول والفحم والاطارات
- مناجم الرصاص
- مبيدات الحشائش

5- الهالوجينات الاليفاتية ومصدرها صناعة البلاستيك.

6- المبيدات ومصدرها صناعة المبيدات والعمليات الزراعية.

7- منتجات البترول ومصادرها

- صناعة البترول والبتروكيماويات
- السيارات ووسائل النقل
- حرق الوقود في المنشآت الصناعية





## ب- ثانياً الملوثات الغير عضوية وأهمها:

○ العناصر الثقيلة والنادرة

○ النتروجين

○ المواد المشعة

1- العناصر الثقيلة والنادرة ومصادرها في التربة تنقسم الي:

● مصادر طبيعية.

● مصادر ناتجة عن النشاط الإنساني

### أ- المصادر الطبيعية

حيث التربة خليط من معادن نتجت من ملوثات التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور القشرة الأرضية مكونة مادة الاصل ومن ثم فإنها تتواجد طبيعياً في التربة لأنها جزء من مكوناتها.

### ب- المصادر الناتجة عن النشاط الإنساني وتشمل:

1. استخراج المعادن من المناجم. وماينتج عنها من مخلفات تصبح مصدر للتلوث في الاراضى المحيطة.

2. مخلفات الصرف الصحي والصناعي. ان جميع انواع الحمأة تحتوى على تركيزات عالية من العناصر السامة الا ان الحمأة الناتجة من الصرف الصناعي تحتوى على ملوثات غير عضوية بتركيزات اعلى بكثير من الحمأة الناتجة من الصرف الصحي. وتعتبر عناصر  $Zn$ ،  $Ni$ ،  $Cu$ ،  $Cd$  من اهم العناصر التي تسبب مشاكل في الانتاج الزراعي عند اضافة الحمأة الى التربة.

3. التخلص من المخلفات الصلبة والسامة.. مخلفات المنازل والمصانع والمستشفيات يمكن ان تؤدي الى تلوث التربة بالعناصر الصغرى والثقيلة فالتخلص منها سواء بإلقائها أو دفنها في التربة يؤدي الى تلوث التربة وانتقالها الى المياه الجوفية.

4. احتراق الوقود (فحم - بترول) .. ينتج عنه عدد كبير من العناصر الثقيلة والصغرى تشمل : U ، V، Pb، Cd، Cr، Zn، As، Sb، Se، Ba، Cu، Mn والتي تترسب على الاراضى المحيطة كما ان احتراق البترول الذى يحتوى على اضافات من الرصاص يعتبر من اهم مصادر تلوث التربة.

5. الصناعات التعدينية وذلك بعدة طرق منها:

- انبعاث الايروسولات والغبار المحتوى على هذه العناصر ويترسب على التربة والنبات.

- المخلفات السائلة.

وتستخدم العديد من العناصر فى صناعة السبائك والصلب والتي ينتج منها مخلفات تؤدى الى تلوث التربة.

6. المواد والكيماويات المستخدمة فى الزراعة بالممارسات الزراعية الغير رشيدة . والمصادر الرئيسية لهذه الممارسات تشمل:

- الشوائب والعناصر الثقيلة السامة الموجودة فى الاسمدة الكيماوية.
- اسمدة طبيعية من مخلفات المجازر والخنازير والدواجن والتي تحتوى على تركيزات عالية من الزنك والنحاس وتسبب سمية النبات.
- المبيدات الكيماوية.
- الاسمدة الطبيعية المصنعة من المخلفات.

7. الحروب والتدريبات العسكرية.. تتلوث الاراضى التى حدثت بها المواقع الحربية بعنصر الرصاص الناتج من الذخيرة وعنصرى النحاس والزنك الناتجين من فوارغ الذخيرة وايضا بالعديد من الملوثات العضوية الناتجة من زيوت المدرعات والشحوم.

## 2- النتروجين:

المصدر الرئيسى للنتروجين فى التربة هو الأسمدة النيتروجينية وتشمل أسمدة النترات واليوريا وأسمدة الامونيوم والأسمدة المخلوطة.

- النتروجين الموجود فى التربة معظمه فى صورة عضوية وبالتالي يكون غير صالح للنبات ولذلك تحدث عمليات بيولوجية فى التربة يتم فيها تحويل النتروجين من صورة عضوية الى صورة غير عضوية ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) ، ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) صالحة للامتصاص بواسطة النبات أو يفقد بالتطاير أو الغسيل أو يتحول الى مكونات عضوية فى أجسام ميكروبات التربة.

- ونتيجة الاستخدام المتزايد للأسمدة النيتروجينية يؤدي فقد جزء كبير منها عن طريق الغسيل والنترات المفقودة من التربة عن طريق الغسيل سوف تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعى.

وتتوقف كمية النترات المغسولة من قطاع التربة على عدة عوامل أهمها:

◇ كمية المياه المتخللة التربة.

◇ كمية النترات فى التربة.

◇ نوع التربة.

◇ نظام الزراعة.

- ويكون الفقد أكبر مايمكن فى الأراضي الرملية وقليل فى الأراضي المزروعة الأعلاف (حشائش) وكبيراً عند زراعة محاصيل ذات نمو قصير. وعموماً توجد علاقة قوية بين كمية النترات القابلة للغسيل فى التربة ونظم إضافتها لسماد.

## 3- النظائر المشعة:

تشمل مصادر النظائر المشعة المصنعة اختبارات الأسلحة النووية السائلة للمفاعلات النووية ومحطات الطاقة - حوادث نقل الوقود الذرى والمخلفات السائلة للمفاعلات النووية.

- تلوث التربة بالنظائر المشعة عند اجراء أول اختبار نووى عام 1950 حيث تسربت كميات هائلة من السيزيوم 137 والاسترانشيوم 90 الى البيئة وما يتبع ذلك من دخول السيزيوم 137 فى السلسلة الغذائية.
- العنصر المشع الاسترانشيوم 90 له فترة نصف عمر 28 سنة ويتسرب الى البيئة ويلوثها نتيجة لاختبارات الاسلحة النووية وحوادث محطات الطاقة النووية ولذلك يلقي تلوث التربة بالاسترانشيوم كثير من الاهتمام لان سلوكه يشابه سلوك الكالسيوم فى السلسلة الغذائية وبالتالي يمكن أن يترسب فى العظام نتيجة لوجوده فى منتجات الالبان والاعذية الاخرى.
- التخلص من النفايات النووية الناتجة من مصانع الاسلحة النووية ومحطات الطاقة النووية بالقائها فى التربة أدى الى تلوث التربة بالنظائر المشعة الناتجة من تحلل اليورانيوم والبلوتونيوم مثل  $Pu239$  ،  $241 Am$  حيث يمكن أن تدمص هذه النظائر المشعة على سطوح حبيبات التربة وترتبط بالمادة العضوية فى التربة.
- تسرب الاشعاعات النووية من المفاعل النووى فى تشرنوبيل عام 1986 أدت إلى تلوث المناطق الزراعية فى روسيا وأوكرانيا. وتعدى التركيز الاشعاعى فى هذه الاراضى الحد المسموح به عالميا وادى الى خروج هذه الاراضى من الانتاج الزراعى كله.

## 2-8-1. التلوث الطبيعى للتربة

وهو التلوث الذي لا يتدخل الإنسان في احداثه، مثل الغازات والأبخرة التي تتصاعد من البراكين وقد تصل الي التربة أو تأثير الانفجارات الشمسية علي اضطرابات الطقس، أو احتراق الغابات بشكل طبيعى جراء ارتفاع الحرارة، أو انتشار حبوب اللقاح في الجو، أو الفيضانات الشديدة الجارفة، أو انتشار الاوبئة الميكروبية وبالنسبة للتربة فان اهم مظاهر التلوث الطبيعى لها تتمثل في الإنجراف والتصحر.



## الإنجراف:

وهو عبارة عن ظاهرة طبيعية تتمثل في تفتت وتآكل التربة ونقلها بفعل العوامل المناخية وأهمها الرياح والمياه. ويمكن تقسيمه إلى أنجراف مائي وأنجراف ريحي. وتعد هذه الظاهرة من أخطر العوامل التي تهدد الحياة النباتية والحيوانية. وتكمن خطورته في سرعة حدوثه حيث يتم ذلك خلال عاصفة مطرية أو هوائية واحدة فيما نجد أن تكون التربة يتم بسرعة بطيئة جدا. وكذلك تزيد كمية العناصر المفقودة من التربة بسبب الإنجراف الريحي والمائي أضعاف كثيرة عن الكميات التي تزال بفعل المحاصيل المزروعة أو بصفة طبيعية وتقدر الأراضي الزراعية التي خربت في العالم خلال المائة سنة الأخيرة بحوالي 23% من إجمالي الأراضي المزروعة. وللإنسان دور في زيادة أنجراف التربة يتمثل في:

- 1- تخريب وإزالة الغطاء النباتي الطبيعي من غابات وحشائش.
- 2- حرث التربة في أوقات غير ملائمة مثل الفترات الجافة من العام.
- 3- حرث التربة المائل مما يزيد من الإنجراف المائي لجزيئات التربة.
- 4- الرعي الجائر وخاصة في الفترات الجافة، مما يقلل الغطاء النباتي للتربة ويفكك التربة السطحية.

## الأضرار الناجمة عن أنجراف التربة:

يمكن تلخيص أهم الأضرار الناجمة عن أنجراف التربة فيما يلي:

### أ. تدني خصوبة التربة:

ينتج أنجراف الطبقة السطحية من التربة، سواء من طريق المياه الجارية، أو التذرية بالرياح، فقدان كميات كبيرة من العناصر الغذائية للنبات، لأن الطبقة السطحية التي يتم أنجرافها هي أغنى طبقات التربة بالمواد الغذائية. ويُعد النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم من أهم العناصر الغذائية للنبات التي يتم فقدانها من طريق أنجراف الطبقة السطحية للتربة.

## ب. فقدان كمية أكبر من الأمطار:

يؤدي فقدان الطبقة السطحية من التربة بواسطة الانجراف إلى ظهور طبقة على السطح أقل مسامية ونفاذية لمياه الأمطار، ما يجعل جزء كبير من مياه الأمطار يفقد على شكل جريان سطحي، بدلاً من الرشح داخل التربة. وحيث إن النباتات لا تستطيع الاستفادة إلا من الماء الذي رشح داخل التربة، واختزن على شكل رطوبة في مساحات التربة، فإنه كلما ازدادت نسبة الجريان السطحي من الأمطار، فقدت كمية أكبر من الأمطار، كان من الممكن الاستفادة منها في الزراعة.

## ج. زيادة وعورة الأراضي الزراعية:

مع انجراف التربة بالمياه الجارية، تتكون أخاديد عميقة، في الأماكن، التي يتركز فيها الجريان المائي؛ ما يجعل سطح التربة وعراً أمام الآلات الزراعية المستخدمة في الحرث ورش المبيدات والحصاد، وأحياناً الري.

## د. ردم قنوات الري والصرف وخزانات المياه:

تترسب التربة المنجرفة بواسطة المياه الجارية والرياح في قنوات الصرف والخزانات المائية، ما يزيد من كلفة صيانتها، وضعف كفاءتها. وقد قدرت تكلفة صيانة قنوات الري والخزانات المائية من رواسب التربة المنجرفة في الولايات المتحدة الأمريكية بنحو 15 بليون دولار.

## هـ. ردم الأراضي الزراعية والمنشآت:

تتعرض المناطق المزروعة والمنشآت للدفن بالمواد المنقولة، خاصة الرمال الزاحفة في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية. إذ قد تفقد واحات وقرى بأكملها تحت الرمال الزاحفة، كما هو الحال والصحراء الكبرى والمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية. كما أن صيانة الطرق البرية من طمر الرمال الزاحفة يشكل عبئاً مالياً كبيراً، في الكثير من المناطق الصحراوية. لذلك تلجأ

العديد من الدول بوضع الحواجز الشجرية او الإسفلتية على جوانب الطرق لتقليل كميات الرمال الزاحفة التي تصل إلى الطريق المعبد.

#### و. تلوث المياه السطحية:

عندما تكون التربة الزراعية محتوية على نسب عالية من الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية، فإن انجراف التربة مع المياه الجارية يؤدي إلى تلوث مياه الأنهار والبحيرات بهذه المواد.

#### ز. تلوث الهواء:

يؤدي انجراف التربة بواسطة الرياح إلى تلوث الهواء من خلال:

- تعلق الأتربة الدقيقة في الهواء على شكل غبار؛ ما يؤدي إلى تدني الرؤية، ومشاكل صحية من أهمها الربو.

- عند هبوب الرياح القوية فإن الجسيمات الناتجة عن انجراف التربة تحملها الرياح مكونة بما يعرف الرياح المتربة.

#### ح. اختلال الاتزان الحيوي في الأنهار والبحيرات:

عندما تنجرف التربة مع المياه السطحية فإن مياه الأنهار والبحيرات تصبح عكرة؛ ما ينتج عنه تدني نفاذ أشعة الشمس داخل المياه السطحية وبالتالي صعوبة الحصول على الضوء من قبل النباتات المائية التي تعتمد على الضوء في الحصول على الطاقة وتكوين غذائها.

#### 2-8-2. الملوثات البشرية

الملوثات البشرية هي الملوثات الناتجة عن الأنشطة الإنسانية الصناعية والزراعية للإنسان، وهي تعد أخطر من الملوثات الطبيعية من حيث التأثيرات البيئية والصحية، وتتمثل مصادر التلوث الإنساني للتربة في الآتي:

◊ الملوثات الناتجة عن عمليات التعدين واستخراج الخامات الطبيعية.

◊ الملوثات الناتجة عن صرف المخلفات السائلة البلدية والصناعية.

- ◊ الملوثات الناتجة عن التخلص من المخلفات الصلبة والسامة.
- ◊ الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود.
- ◊ الملوثات الصلبة والسائلة الناتجة عن الصناعات التعدينية.
- ◊ الملوثات الناتجة عن المواد والكيماويات المستخدمة في الزراعة.
- ◊ الملوثات الناتجة عن الأنشطة العسكرية.
- ◊ الملوثات نتيجة للنشاط الإشعاعي.

(1) الملوثات الناتجة عن عمليات التعدين واستخراج الخامات الطبيعية: ينتج عن عمليات التعدين واستخراج الخامات الطبيعية العديد من الملوثات التي تصل الي التربة مسببة ضررا شديدا لها، مثل عمليات استخراج الفحم والبتروول وخامات المعادن المختلفة كالحديد والنحاس والفوسفات والامونيوم.

(2) الملوثات الناتجة عن صرف المخلفات السائلة البلدية والصناعية: المخلفات السائلة الصناعية والمخلفات البلدية (المنزلية) والتي تعرف بمياه الصرف الصحي تشكل مصدرا خطيرا من مصادر التلوث للتربة وذلك في حالة التخلص منها بدون معالجة جيدة لها، كما ان جميع انواع الحمأه تحتوى على تركيزات عالية من العناصر السامة الا ان الحمأه الناتجة من الصرف الصناعي تحتوى على ملوثات غير عضوية بتركيزات اعلى بكثير من الحمأه الناتجة من الصرف الصحي. وتعتبر عناصر  $Zn, Ni, Cu, Cd$  من اهم العناصر التي تسبب مشاكل في الانتاج الزراعى عند اضافة الحمأه الى التربة.

(3) الملوثات الناتجة عن التخلص من المخلفات الصلبة والسامة: المخلفات الصلبة الصناعية والمخلفات البلدية تشكل مصدرا خطيرا من مصادر التلوث للتربة وذلك في حالة التخلص غير الامن منها، فكل من مخلفات المنازل (كالقمامة) ومخلفات المستشفيات والمراكز العلاجية ومخلفات المصانع تحتوي علي كثير الملوثات السامة والمواد الخطرة يمكن ان تؤدي الى تلوث التربة



بالعناصر الصغرى والثقيلة فالتخلص منها سواء بإلقائها أو دفنها فى التربة يؤدي الى تلوث التربة وانتقالها الى المياه الجوفية.

#### (4) الملوثات الناتجة عن احتراق الوقود:

عمليات احتراق الوقود الحفري (فحم - بترول). ينتج عنه عدد كبير من العناصر الثقيلة والصغرى تشمل:

U ، V، Pb، Cd، Cr، Zn، As، Sb، Se، Ba، Cu، Mn والتي تترسب على

الارضى المحيطة كما ان احتراق البترول الذى يحتوى على اضافات من الرصاص يعتبر من اهم مصادر تلوث التربة. كما تسبب الاكاسيد النتروجينية والكبريتية الناتجة من احتراق البترول والفحم الى تكون المطر الحمضي الذي يسقط على التربة مسببا تلوثا شديدا لها وضررا لكافة اشكال الحياه عليها.

#### (5) الملوثات الصلبة والسائلة الناتجة عن الصناعات التعدينية:

الصناعات التعدينية ينتج عنها العديد من الملوثات والتي يمكن ان تصيب التربة بعدة طرق منها:

- انبعاث الايروسولات والغبار والأتربة المحتوية على هذه الملوثات وترسبها على التربة والنبات.

- تولد المخلفات السائلة نتيجة لعمليات التشطيب للسبائك المعدنية والتي يستخدم فيها الماء بكميات كبيرة مما ينتج عنه كثير من الملوثات المصاحبة لمياه المخلفات السائلة والتي قد تجد طريقها للتربة مسببة تلوثها وذلك في حالة عدم التخلص الامن منها.

#### (6) الملوثات الناتجة عن المواد والكيماويات المستخدمة فى الزراعة:

تستهلك العمليات الزراعية العديد من الكيماويات والمواد فى التسميد والتخصيب الزراعي ومكافحة الافات، وعند الممارسات الزراعية الغير رشيدة مثل الاسراف فى استخدام تلك الكيماويات ينتج تلوث التربة الزراعية بالعديد من

الملوثات الموجودة في تلك الكيماويات والتي من أمثلتها:

- الشوائب والعناصر الثقيلة السامة الموجودة في الاسمدة الكيماوية.
- اسمدة طبيعية من مخلفات المجازر والخنازير والدواجن والتي تحتوى على تركيزات عالية من الزنك والنحاس وتسبب سمية النبات.
- المبيدات الكيماوية.
- الاسمدة الطبيعية المصنعة من المخلفات.

(7) الملوثات الناتجة عن الأنشطة العسكرية.

تنتج عن الأنشطة العسكرية والحربية للإنسان العديد من الملوثات الخطيرة التي تصيب التربة بالتلوث ومن أهم مظاهرها:

- تلوث الاراضى التى حدثت بها المواقع الحربية بعنصر الرصاص الناتج من الذخيرة وعنصرى النحاس والزنك الناتجين من فوارغ الذخيرة.
- تلوث الاراضى بالعديد من القطع تلوث الاراضى بالعديد منالعسكرية المدمرة خلال العمليات الحربية.
- تلوث الاراضى بالعديد من الملوثات العضوية الناتجة من زيوت المدرعات والشحوم.
- تلوث الاراضى بالالغام الارضية التى تتركها الحروب فى الاراضى لسنوات طويلة مسببة خطورة كبيرة علي المتعاملين علي هذه الاراضى وضررا اقتصاديا كبيرا لعدم التمكن من استغلال هذه الارضى اقتصاديا لوجود الالغام بها.

(8) الملوثات نتيجة للنشاط الاشعاعي.

تنتج عن الأنشطة الاشعاعية في المفاعلات البحثية والصناعية المولدة للطاقة العديد من الملوثات ذات الطبيعة الاشعاعية النشطة مثل النظائر المشعة، تشمل مصادر النظائر المشعة المصنعة اختبارات الأسلحة النووية السائلة للمفاعلات

النووية ومحطات الطاقة - حوادث نقل الوقود الذرى والمخلفات السائلة للمفاعلات النووية.

#### أ- تلوث التربة بالاسمدة الكيماوية كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

تزايد الطلب علي الغذاء في جميع انحاء العالم نتيجة الزيادة السكانية الهائلة، مما دفع المزارعين الي استخدام انواع مختلفة من المخصبات الزراعية (مثل الأسمدة الفوسفاتية والأسمدة الازوتية وغيرها) لزيادة خصوبة التربة المتاحة لهم وزيادة انتاجها من المحاصيل المختلفة والتي يعتمد عليها الإنسان في حياته، وعند استخدام تلك المخصبات الزراعية بطريقة غير محسوبة فان جزء كبير منها قد يتبقى في التربة مسببا تلوثا لها، وهذا الجزء المتبقى يكون زائدا عن حاجة النبات وهو يعد اسرافا ليس له مبرر من الناحية الاقتصادية.

والتربة الملوثة ببقايا المخصبات الزراعية تسبب كثيرا من الاضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة. ويتم تقسيم الأسمدة طبقاً للتركيب الكيميائية إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما يلي:

- الأسمدة الفوسفاتية وتحتوى على الفوسفور كعنصر أساسى يعبر عنها بالرمز  $P_2O_5\%$ .
- الأسمدة النيتروجينية (الآزوتية) وتحتوى على النيتروجين كعنصر أساسى ويعبر عنها بـ  $N_2\%$ .
- الأسمدة البوتاسيومية وتحتوى على البوتاسيوم كعنصر أساسى ويعبر عنها بـ  $K_2O$ .

وبالإضافة إلى الأسمدة الأحادية التى تحتوى على مغذٍ وحيد (النيتروجين أو الفسفور أو البوتاسيوم، هناك أسمدة مركبة تحتوى على اثنين أو ثلاثة من المغذيات النباتية الرئيسية (النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم). وتتوافر أنواع كثيرة جداً من الأسمدة المركبة طبقاً لمحتوياتها من المغذيات. ويتم كذلك إنتاج الأسمدة السائلة فى

جميع أنحاء العالم بما في ذلك مئات الأشكال التي تحوى مغذٍ او أكثر مع نسبة ضئيلة من عناصر أخرى.

وتؤدي الزيادة في كميات الاسمدة وخاصة النتروجينية الي اضرار عديدة نتيجة لتسرب النترات الي المياه الجوفية والسطحية ومن هذه الاضرار:

● اضطراب في وظائف المزروعات حال انتقال الكميات الزائدة اليها من النترات مما يقلل من انتاجها.

● تسمم الحيوانات التي تتغذي علي تلك النباتات المحتوية علي كميات زائدة من المواد النتروجينية.

● حفظ النباتات في الصوامع قد يؤدي الي تصاعد غاز ثاني أكسيد النتروجين نتيجة لتخمرها وهذا الغاز له اضرار علي الإنسان.

● تزايد اعداد البكتريا الضارة في التربة نتيجة لزيادة المحتوي النتروجيني بها والتي بدورها تعمل علي زيادة تثبيت النترات بتحويل المواد النتروجينية بالاسمدة الي نترات مما يزيد التلوث بالنترات.

وتتوقف النسبة التي تتراكم بها النترات في التربة علي عدة عوامل هي:

1. نوع التربة الزراعية.
2. نوع النباتات التي تزرع بهذه التربة.
3. طرق ري وصرف المياه المتبعة لزراعة هذه التربة.

لقد وصل تركيز مركبات النترات في بعض المسطحات المائية، في المناطق الزراعية، التي تستعمل فيها المخصبات بكثافة، إلى مستويات تتذر بالخطر، إذ فقدت بعض هذه المسطحات المائية صلاحيتها كمصدر لماء الشرب، والبعض الآخر مهدد بظاهرة اضطراب النمو البيولوجي. وتكمن الخطورة الحقيقية لمركبات النترات، في أن جزء منها يتحول من طريق الاختزال إلى أيون النيتريت، الذي يسبب أضراراً بصحة الإنسان. فقد أكدت الدراسات أن أيون النيتريت يؤثر مباشرة



في الدم، فيغير من طبيعته إلى حد ما، ويمنعه من القيام بوظيفته الرئيسية الخاصة بنقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع خلايا الجسم. فيعتقد أن أيون النيتريت يعطل عمل بعض الأنزيمات التي تختزل الحديد، في هيموجلوبين الدم، من حالته ثلاثية التكافؤ  $Fe^{3+}$  إلى حالته ثنائية التكافؤ  $Fe^{2+}$  وعندها يفقد الهيموجلوبين قدرته على نقل الأكسجين، ما يحدث التسمم. ويرى بعض العلماء أن تلوث مياه الشرب بالنترات يؤدي إلى بعض الأعراض المرضية الأخرى، مثل ارتفاع ضغط الدم، وظهور بعض الأنواع من الحساسية. كما أن هناك اعتقاد بين العلماء، أن أيون النيتريت، يتحد مع بعض المواد الموجودة في أجسام الكائنات الحية، ويعطي مركبات النيتروزامين Nitrosamines، التي تسبب حدوث أورام في المريء والمعدة، والبنكرياس، وبصفة خاصة في الكبد والرئتين، كما يعتقد أن هذه المركبات ضمن الأسباب المؤدية إلى بعض الأورام الخبيثة.

نظرا لأن الكائنات الدقيقة، ومنها الفطريات مسئولة عن خصوبة التربة، فإن الأسمدة تؤثر فيها ؛ وعليه يحدث خلل فيزيولوجي للفطريات، مما يسهم في إفرازها لسموم الأفلاتوكسين المسبب للسرطان وتليف الكبد. وعلى العكس من ذلك يحدث تثبيط بإنتاج الهرمونات النباتية (الجبريلين) بواسطة بعض الفطريات.

#### ب- تلوث التربة بالمبيدات الكيماوية كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

المبيدات هي مواد كيميائية تقضى على الكائنات الحية غير المرغوب فيها ومنها المبيدات الحشرية (Insecticides) التي تستخدم في مكافحة الحشرات الضارة، والمبيدات العشبية (Herbicides) التي تستخدم في مكافحة الأعشاب الضارة، والمبيدات الفطرية (Fungicides) التي تستخدم في مكافحة الفطريات الضارة التي تسبب مرض النبات ومبيدات القوارض (Rodenticides) التي تستخدم في مكافحة الفئران وسائر القوارض الضارة. وهناك بعض المبيدات التي تستخدم في تطبيقات صناعية مختلفة مثل مبيدات الطحالب ومبيدات الجراثيم وغيرها. تشترك المبيدات في كونها تتدخل لوقف العمليات الحيوية في الكائن الحي

غير المرغوب فيه بشكل أو بآخر، لذا فهي تعتبر سامة. تعتبر المبيدات الكيميائية ملوثات خطيرة للغلاف الجوي والبيئة المائية، كما تعمل عادة على قتل العديد من الكائنات الحية غير المستهدفة مع الكائنات الضارة المستهدفة. ويمكن تقسيمها من الناحية الكيميائية الناحية الكيميائية إلى قسمين رئيسيين المبيدات التي يدخل فيها الكلور (Chlorinated Pesticides) ومن أشهرها الـ دي دي تي (DDT) والمبيدات الفوسفورية العضوية (Organophosphorous Pesticides) ومن أشهرها الباراثيون (Parathion).

قد ساهمت الزراعة حديثاً في تلوث المياه تبعاً لاحتياج المزارعين للمبيدات الزراعية، إذ تجرف هذه المركبات بواسطة السيول التلوث بمركبات النيتريت والنترات والكبريت والامونيوم وأملاح الفوسفور ومن المبيدات الشائعة الاستعمال الكلور العضوية وهي مركبات ثابتة يتطلب تفكيكها سنوات عديدة ونتيجة الاستعمال المفرط والخطأ للمبيدات بأنواعها وكون النباتات والمحاصيل عامة لا تمتص المبيدات إلا وفق قدرتها واحتمالها فإن كميات هائلة من هذه المبيدات يبقى في التربة مسببة بذلك مشكلة بيئية لها آثارها السلبية الخطيرة ومن المعلوم أن المبيدات ومع هطول الأمطار أو الري تتسرب في طبقات الأرض مسببة بذلك تلوث المياه السطحية والجوفية أو تتبخر بفعل حرارة الشمس وتسبب تلوث الهواء المحيط عدا عن ذلك تقتل المبيدات الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة محلة بذلك التوازن الدقيق والهام في بيئة التربة.

كما وتحدث المبيدات تغيراً في الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وتؤثر بذلك على الإنتاجات الزراعية كما وتساهم المبيدات في تحويل الآفاق الثانوية إلى آفاق رئيسية، وتعاني العديد من دول العالم الثالث من مشكلة الاستعمال الخطأ للمبيدات حيث يظن الكثير من المزارعين أنه بزيادة استعمال المبيدات يمكن القضاء على الآفاق الزراعية بشكل أفضل.

وتقسم منظمة الصحة العالمية المبيدات تبعاً لخطورتها علي صحة العاملين الذين يعملون في مجالات التصنيع والتجهيز والخلط والتداول والاستخدام كما يبين الجدول التالي:

جدول 2-2

درجات السمية	الجرعة بالفم القاتلة لنصف حيوانات التجارب	التركيز النصفي القاتل (الاستشاق) (مجم / كجم)	الجرعة النصفية القاتلة (الجلد) مجم / كجم	تأثيرها علي العين	تأثيرها علي الجلد	علامات التحذير
1- درجة السمية الاولي: القاتلة شديدة الخطر، المركب قاتل سام اذا دخل عن طريق الفم او الاستنشاق او تم امتصاصه عن طريق الجلد	اقل من 50	اقل من 0.2	اقل من 200	يحدث تآكل بالعين وتلف القرنية ولا يمكن شفائها بعد ذلك ( خلال سبعة ايام ) وقد يسبب هياجا في اغشية العين فقط	يسبب تآكل الجلد او قد يحدث هياجا فقط	خطر سام
2- درجة السمية الثانية: ( شديد السمية ) قد يحدث الوفاة اذا دخل عن طريق الفم او الاستنشاق او تم امتصاصه عن طريق الجلد	50 - 500	0.2 - 2	200 - 2000	يسبب هياجا بالعين وتلف القرنية ولكنها تشفى خلال اسبوع ويستمر هياج العين لمدة 7 ايام.	يسبب هياجا بالجلد خلال 72 ساعة	يوضع بعيدا عن متناول الاطفال
3- درجة السمية الثالثة: متوسط السمية يحدث اضرارا اذا	500 - 5000	2 - 20	2000 - 20000	لا يضر القرنية و يحدث هياجا يمكن	يحدث هياجا بالجلد خلال	احترس

درجات السمية	الجرعة بالفم القاتلة لنصف حيوانات التجارب	التركيز النصفي القاتل (الاستنشاق) (مجم / كجم)	الجرعة النصفية القاتلة (الجلد) مجم / كجم	تأثيرها علي المين	تأثيرها علي الجلد	علامات التحذير
تم بلع المركب او دخل عن طريق الاستنشاق او تم امتصاصه عن طريق الجلد				شفاؤه خلال 7 ايام	72 ساعة	
4- درجة السمية الرابعة: مأمونة نسبيا لا توجد ضرورة لاتخاذ اية احتياطات	اكثر من 5000	اكثر من 20	اكثر من 20000	لا يسبب هياجا	حدث هياجا خفيفا بالجلد خلال 72 ساعة	احترس

ويتوقف تأثير المبيدات علي صحة الإنسان علي العوامل الآتية:

- 1- مدي سمية المادة الفعالة التي تدخل في تركيب المبيد.
- 2- جرعة وتركيز المبيد: حيث يعتبر جرعة المبيد (او كمية المبيد) من العوامل المؤثرة فقد يسبب مقدار ضئيل من مبيد معين اعراض مرضية شديدة بينما لا يسبب مقدار كبير من مبيد اخر نفس الضرر، وعموما فإن العاملين في صناعة المبيدات او تجهيزها او خلطها و تداولها هم اكثر قابلية للاصابة باعراض مرضية نتيجة تعرضهم للمبيد.
- 3- الخواص الطبيعية والكيميائية للمادة الفعالة التي تدخل في تركيب المبيد، فمثلا مبيد الباراثيون اشد سمية وخطورة كمادة كيميائية تحت درجات الحرارة المرتفعة.



4- طريقة دخول وامتصاص مادة المبيد بجسم الإنسان، وطرق امتصاص المبيدات هي الاستنشاق والجلد والاعشبة المخاطية.

5- مدة التعرض للمبيد: حيث تساعد مدة التعرض في تحديد الجرعة التي يتم امتصاصها، فالتعرض لمدة بسيطة لمركبات المبيدات ينتج عنها اثار تتشابه الي حد ما مع فرصة التعرض لمدة طويلة من جرعات منخفضة من المبيدات.

وعموما يؤدي الاستخدام المكثف غير الرشيد للمبيدات الي اختلال التوازن البيئي والي تلوث عناصر البيئة المختلفة من تربة وماء ونبات وحيوان بشكل يصعب علي منظمات البيئة (عناصر التحلل) القيام بوظيفتها. ومنذ 20 عام وجدوا اثارا وبقايا لمبيدات في 70% من البان الامهات، والان عثروا علي بقايا المبيدات في عظام ومخ الاجنة المجهضة.

اضرار المبيدات علي البيئة الزراعية:

- تحويل بعض الافات الزراعية الثانوية الي افات رئيسية، نتيجة موت اعدائها الطبيعية.
- زيادة قدرة الافات علي تحمل تركيزات عالية من المبيدات، نتيجة تكرار الرش بنفس المركب او مركبات متشابهة لعدة مرات.
- قتل كثير من الكائنات والحشرات النافعة للانسان مثل الهدهد وابوقردان وحشرة النحل النافعة.
- تلوث المحاصيل وخاصة الخضر والفاكهة، نتيجة قطفها بعد الرش وقبل الموعد المحدد بغرض الربح.
- زيادة نسبة متبقيات المبيدات ونواتج تحطيمها وتحللها التي قد تكون اشد سمية من المركب الام في التربة والهواء المحيط ومياه الصرف الزراعي.
- الاضرار بسياسة تصدير الحاصلات الزراعية في حالة تجاوز مستوي متبقيات المبيدات الحد المسموح به لذي الدول المستوردة.

● فقد بعض المحاصيل الثانوية مثل ما حدث في اليابان عندما فقد الفلاح هناك العائد الاقتصادي الإضافي المتمثل في محصول الأسماك التي كان يربّيها في حقول الأرض المغمورة بالمياه.

● اكتساب بعض الآفات المناعة من التركيزات المستخدمة مما يؤدي لزيادة التلوث أو تغيير المبيد وإضافة مواد سامة جديدة.

### اضرار المبيدات علي البيئة والإنسان:

يمكن اجمال اضرار المبيدات علي البيئة و الإنسان في النقاط الآتية:

1. تلوث الماء والهواء والتربة.
2. ثبات المبيدات مدة طويلة بالبيئة.
3. اكتساب الآفات مقاومة ضد المبيدات.
4. الاضرار بالكائنات الحية المفيدة للتربة.
5. قتل وتسميم جماعي للطيور والأسماك.
6. التأثير السلبي علي التنوع الحيوي للحيوانات والنباتات.
7. التراكم الحيوي: حيث تتراكم المبيدات داخل الكائنات ويزداد معدل التراكم كلما ارتفعنا في سلم الهرم الغذائي.
8. تسمم الغذاء بمتبقيات المبيدات مما يزيد من محيط الخطورة.
9. التأثيرا طويلة الأمد علي الصحة البشرية.
10. امتداد خطورة المبيدات علي الاجنة داخل ارحام الامهات.
11. وتبين أن المبيدات الحشرية الكيماوية تتسبب في قتل الكثير من الأحياء الدقيقة التي تستوطن التربة، والتي تسهم في تحليل المواد العضوية والمخلفات النباتية التي ينتج عنها العناصر الحية المكونة للتربة الزراعية، فإن الكائنات الحية الدقيقة لها دورها المهم في التوازن الطبيعي للبيئة، فهي تسهم في تنقية الماء في كثير من عوامل التلوث، ذلك لأنها تساعد على الحفاظ على نسبة الاوكسجين الذائب في الماء.

### ج- التلوث الحيوي للتربة كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

التلوث الحيوي للتربة هو التلوث بالكائنات الحية الدقيقة وغير الدقيقة، ولهذا النوع من التلوث اضراره الكبيرة علي الإنسان والحيوان. فالتربة تتلوث بكائنات حية دقيقة ناتجة عن افرازات وفضلات الإنسان عن طريق ري المحاصيل بمياه المجاري. وتصل الي الإنسان اما مباشرة عن طريق التربة او بطريقة غير مباشرة من خلال الفواكه والخضروات المزروعة في التربة الملوثة. وهذه الكائنات الحية تسبب للإنسان العديد من الامراض مثل الاسهال والتيفود. كما ان بعض امراض الحيوانات تنتقل للإنسان عن طريق التربة مثل مرض الكزاز. والجدول التالي جدول 2-3 يبين الفترات مدة البقاء بالايام التي تعيشها بعض الكائنات الممرضة في المياه العذبة والتربة.

#### جدول 2-3

##### مدة بقاء الكائنات الممرضة داخل التربة والماء

Type of pathogen	Survival Time of Pathogens (in days unless otherwise indicated)	
	In Freshwater and Sewage (At 20 - 30 ° C)	In Soils (at 20°C)
Viruses Entroviruses	Up to 120 but usually less than 50	Up to 100 but usually less than 20
<b>BACTERIA</b>		
Fecal coliform	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Salmonella	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Shigella	Up to 30 but less usually than 10	-----
Vibrio cholera	Up to 30 but usually less than 10	Up to 20 but usually less than 10

<b>PROTOZOA</b>		
<b>Entamoeba histolytica</b> cysts	Up to 30 but usually less than 15	Up to 20 but usually less than 10
<b>HELMINTHES</b> (parasitic worms))		
<b>Ascaris lumbricoides</b> eggs	Many months	Many months
[●] حماية البيئة من التلوث بالفيروسات د حامد حسن طنطاوي - د سعدون خليفة		

ويلاحظ من الجدول ان مدة بقاء الكائنات الممرضة داخل التربة تتراوح بين 20 يوما لعدة اشهر مما يبين مدي خطورة تلوث التربة بالكائنات الدقيقة الممرضة وخاصة التي مصدرها مياه الصرف الصحي او الصناعي.

#### د- التلوث الأشعاعي للتربة كاحد الامثلة الهامة للتلوث الإنساني:

تعرف ظاهرة النشاط الأشعاعي بأنها انطلاق لانواع مختلفة من الاشعاعات (مثل جسيمات الفا وبيتا واشعة جاما) من انوية بعض النظائر اما بشكل طبيعي (النشاط الأشعاعي الطبيعي) او عن طريق استحثاث هذه الانوية صناعيا (النشاط الأشعاعي الصناعي).

وتحتوي التربة علي العديد من النظائر المشعة بشكل طبيعي مثل اليورانيوم والثوريوم والراديوم والبوتاسيوم وغيرها. كما أنها تحتوي علي العديد من النظائر المشعة الصناعية والمنتجة من قبل الإنسان، وبكميات تفوق النظائر الطبيعية في بعض بلدان العالم. وذلك لتوسع التطبيقات التي تستخدم فيها هذه المواد المشعة، فمنها العسكرية، والطبية، والزراعية، والبحثية، وغيرها من التطبيقات. هذا بالإضافة الي ما ينتج من هذه التطبيقات من ملوثات لها خاصية الاشعاع (ملوثات مشعة) تتطلب معاملة خاصة للتخلص الامن منها.



وتنتشر المواد المشعة في محلول التربة ويمتصها النبات وتراكم في الفروع والجذور والاوراق والثمار او قد تسقط المواد المشعة الموجودة في الغبار مباشرة علي اوراق التبات وثماره فيمتص النبات جزء منها ويبقي جزءا منها عالقا به. ويتأثر الإنسان بنسبة 20% عن طريق امتصاص التربة للمواد المشعة و80% عن طريق التلوث المباشر للنبات.

#### هـ- ملوثات متنوعة تصيب التربة:

تعتبر المعادن الثقيلة، مثل الزئبق والرصاص والزرنيخ والكاديوم والسيانيوم من اخطر المواد التي تلوث التربة والماء، ومن أهم مصادر هذا التلوث مخلفات ونفايات المصانع وصهر المعادن واحترق الفحم وعوادم السيارات. ومبيدات الآفات التي تحتوي على عنصر الزرنيخ.

وكذلك مخلفات المنازل الصلبة والسائلة (مياه الصرف الصحي) بما تحتويه من اوراق وعلب وبلاستيكات وعلب معدنية.

والقاء هذه المخلفات في التربة دون معالجة او تصريفها في المياه التي تستعمل في ري المزروعات لا شك سيؤدي الي مشاكل صحية وبيئية كبيرة وخاصة المواد البلاستيكية نظرا لصعوبة اعادة استخدامها وصعوبة تحليلها الي مكونات ايسط واقل ضررا علي البيئة.

كما ان تسرب أو سقوط الامطار الحمضية علي التربة سيؤدي الي احداث اخلال بالنظام الحيوي بها وضررا للكائنات الحية مثل انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين، وانخفاض معدل تفكك المواد العضوية، مما ادى الي سماكة طبقة البقايا النباتية الي الحد الذي اصبحت فيه تعوق نفاذ الماء الي داخل التربة والى عدم تمكن البذور من الانبات، وقد ادت هذه التأثيرات الي انخفاض انتاجية الغابات. وحموضة التربة يؤدي ايضا الي فقد بعض الاملاح والعناصر المهمة في التربة



1. التعرف على التأثيرات الصحية والبيئية وتقييمها.
2. تحديد أولويات العمل بالمناطق المتضررة.
3. تخطيط الإستعمال المستقبلي للأرض.
4. وضع خطة عمل للإستصلاح.
5. المساعدة فى تقييم الأراضي.

ويجب أن تشمل تلك المعلومات الآتي: وصف الموقع، جيولوجية الموقع، نوعية التربة، هيدرولوجية وهيدروجيولوجية الموقع. تاريخ الموقع والدراسات السابقة والأعمال السابقة لمحاولة إستصلاح الموقع التعرف على نوعية الملوثات. وفي هذا الصدد يمكن الإستفادة من نظام البيانات الجغرافية بواسطة الحاسب الآلي.

تقييم الموقع: إن تقييم مقدار التلوث ضروري لإتخاذ القرار السليم بشأن الموقع الملوث، وعليه يجب أن تتوفر فيمن يقوم بعملية التقييم الخبرة الكافية، وإستخدام الإستراتيجيات المناسبة للمعالجة، وإن خلاصة عمله وتوصياته تكون مدعمة بالبيانات التى يتم تجميعها أثناء الدراسة. وتقييم الموقع يتناول ما يلي:

- قياس تركيز الملوثات في الارض الملوثة.
- قياس مدي انتشار الملوثات في الارض الملوثة.
- معرفة نوعية وطبيعة الملوثات الموجودة (كيميائية- بيولوجية - اشعاعية).
- معرفة مدي تغلغل الملوثات في طبقات التربة.

تطبيق المعايير: يوجد العديد من المعايير والمحددات لتلوث التربة بالمواد الملوثة حيث يتم الإستناد إلى أحد تلك المعايير وتحديد التركيزات المسموح بها والتركيزات التى تشكل خطراً على البيئة.

استراتيجيات تقييم الموقع: إن عملية تقييم الموقع يجب أن تأخذ فى الحسبان الخطر على الصحة والخطر على البيئة وإختيار نهج معين من خلال:

1. تحديد الخواص الطبيعية للتربة.

2. تحديد الملوثات وتوزيعها بالموقع.

3. تحديد مخاطر الملوثات على الصحة.

وحتى يتم هذا العمل يجب أن يتضمن عمل مكتبي وإستكشافي للموقع ودراسة طبيعة الموقع وتقييم الخطر الناتج عن الملوثات.

إختيار برنامج إدارة الأراضي الملوثة.

ينتج عن تقييم الموقع فى العادة أحد القرارات الآتية:

1. أن الموقع مناسب للإستعمال الحالي والمقترح.

2. أن الموقع غير مناسب للإستعمال الحالي أوالمقترح إلاّ بعد إجراء عمليات الإستصلاح المناسبة.

3. أن الموقع غير مناسب للإستعمال الحالي أو المقترح (نتيجة التلوث الشديد المدمر الذي حدث للأرض ويصعب التخلص منه).

### الإستصلاح:

تتم عملية إستصلاح المواقع المتضررة من التربة بطرق عديدة مثل الطرق الهندسية والتي تشمل:

- جمع ودفن الملوثات بموقع آخر مناسب مخصص لاستقبال نوعيات معينة من المخلفات والملوثات.

- التخلص من الملوثات فى موضع يتم إعداده بالموقع وفق مواصفات معينة.

- عزل الموقع وذلك إما بعمل سياج حوله أو بعمل غطاء مناسب لمنع إنتقال الملوثات منه الي الأنظمة البيئية.

- جرف الطبقة السطحية للتربة الملوثة وإزالتها واستبدالها بطبقة جديدة غير ملوثة. وهذه العملية مكلفة جدا فقد تكلف إستصلاح آلاف الهكتارات في اليابان من ارض ملوثة بالكادميوم حوالي 185000 دولار للهكتار الواحد عن طريق جرف الطبقة السطحية للتربة بعمق 25 سم و استبدالها بطبقة زراعية.



طرق الإستصلاح:

**المعالجة الطبيعية:** وهي تشمل استخدام طرق فيزيائية لاستصلاح التربة ومعالجتها مثل:

- عمليات غسيل التربة باستخدام كميات معينة من الماء لغسل التربة وتخفيف الملوثات بها و هذا يتطلب إيجاد نظام صرف مترافق مع عملية الغسيل حتى لا يحدث تلوث للماء الجوفي.

- تبخير المواد الكيميائية المتطايرة عن طريق استخدام تقنية "land farming"، لمعالجة مساحة كبيرة من الأرض لمدة زمنية طويلة وهي تعتمد علي حرث الارض باستمرار وتقليبها لتبخير الملوثات خلال فترة معينة من الزمن. ويعيب هذه الطريقة بانها ذات فعالية ضعيفة بالإضافة إلى كونها تنقل التلوث للهواء والمياه الجوفية.

- الفصل بالجاذبية.

**المعالجة الحرارية:** التبخر والحرق.

**المعالجة الكيميائية:** تعديل درجة التفاعل، الإختزال/الأكسدة، التميؤ. التثبيت بواسطة المعالجة الكيميائية، تكوين مركبات غير قابلة للذوبان.

**المعالجة الحيوية:** يستخدم لهذا الغرض البكتريا والفطريات. إن إختيار عملية الإستصلاح تعتمد على نوعية الملوثات وكمياتها.

منع حدوث أي تلوث جديد: يجب على السلطات المحلية تنظيف الملوثات الموجودة ومنع حدوث أي تلوث جديد وذلك من خلال:

1. التحكم في إدارة النفايات.

2. السيطرة على العمليات الصناعية والتجارية ليس الحد من عمليات تصريف المواد الصلبة والسائلة فقط ولكن القيام برصد والسيطرة على حوادث

التصرف (مثل حدوث تسرب من خطوط وخزانات الوقود إلى المياه الجوفية والتربة).

3. منع حدوث أي تلوث بالقرب من التجمعات السكانية وموارد مياه الشرب وذلك باختيار الأماكن المناسبة للتخلص من النفايات الصلبة والسائلة.

## 2-9-2. المعالجة الحيوية كاحد امثلة مكافحة تلوث التربة

تستطيع بعض الميكروبات المتخصصة هضم المواد الكيميائية، مثل البترول الموجود في بيئتها، وتحويلها إلى مركبات إيجابية، مثل ثاني أكسيد الكربون والماء. هاناهاان بلدة أميركية صغيرة ونموذجية وهادئة بولاية ساوث كارولينا، كانت كذلك حتى عام 1975 عندما تسرب 80 ألف جالون من وقود الطائرات من مرفق عسكري مجاور باتجاه أراضيها. ومع أن السلطات بذلت جهودا كبيرة لإزالة النفط المتسرب، فإنها لم تتمكن من احتوائه.

وبحلول عام 1985، كان النفط المتسرب قد انتشر ببطء ووصل إلى المناطق السكنية في البلدة، متغلغلا في جزء كبير من التربة وإمدادات المياه. وعندما ناقش المهندسون أفضل الطرق لإزالة التلوث من المنطقة، اصطدموا بعوائق عدة. غير أن هؤلاء المهندسين لم يكونوا، حينئذ، على علم بوجود طاقم تنظيف فعال جدا، ولا تكشفه العين البشرية. من هو هذا الفريق؟ إنه فريق من الميكروبات.

## مباشرة اعمال الصيانة:

لقد بدأت كائنات حية مجهرية، تتكون بشكل طبيعي ردا على الخطر الذي شكله التسرب النفطي على بيئتها الطبيعية، بالتهام المركبات السامة المشتقة من البترول، محولة إياها إلى مركبات غير مضرّة من ثاني أكسيد الكربون. وقد علم فريق من الباحثين من مصلحة المسح الجيولوجي الأميركي أنه يمكن تسهيل عمل هذا الفريق الناجح من خلال إضافة مغذيات مختلفة.

وهذا ما فعلوه عام 1992. فقد بدأ علماء مصلحة المسح الجيولوجي الأمريكي عملية التنظيف الرسمية من خلال إضافة مغذيات إلى المنطقة الملوثة. وبعد سنة، تمكنوا من الحد من التلوث بنسبة 75%. وأصبحت المياه الجوفية والتربة، التي كانت غير ملائمة للبشر، قابلة للاستعمال من جديد. وعادت هاناهاان الصغيرة بلدة أميركية نموذجية من جديد، لكنها لم تعد هادئة كما كانت عليه؛ فقد بدأت حركة المعالجة الحيوية.

ومع أن عبارة المعالجة الحيوية تبدو معقدة، فإن تعريفها بسيط: إنها عملية تستخدم النباتات والكائنات الحية الدقيقة لهضم النفايات الخطيرة وتحويلها إلى منتجات طبيعية غير مضرّة.

يقول ستيفن كونيسبرغ، نائب رئيس قسم الأبحاث والتنمية في شركة المعالجة الحيوية "ريجينييسيس" ومقرها في كاليفورنيا: " الأمر أشبه بتناول البطاطا المشوية، يستطيع جسمك هضم النشويات الموجودة في البطاطا وتحويلها إلى طاقة ".

وبالطريقة نفسها، تستطيع بعض الميكروبات المتخصصة هضم المواد الكيميائية، مثل البترول الموجود في بيئتها، وتحويلها إلى مركبات إيجابية، مثل ثاني أكسيد الكربون والماء.

وتعود جذور المعالجة الحيوية إلى مدينة مانشستر في إنجلترا، وهي بلدة شهيرة بفريق كرة القدم مانشستر يونايتد أكثر منها بميكروباتها. فقد بدأت المدينة عام 1914 بمعالجة مياه الصرف بشكل فعال بواسطة الميكروبات. ومع أن المعالجة الحيوية بقيت في حالة خمود حوالي 70 عاماً، فإن ثمانينات القرن الماضي شهدت تسربات عديدة للمواد الخطرة والسامة في أنحاء العالم وإعادة إحياء المعالجة الحيوية، التي تسارعت وتيرتها ووصولاً إلى يومنا هذا. ومع أن حجم الميكروبات صغير، فهي تستطيع مواجهة شتى أنواع التسربات. بدءاً من تسربات النفايات السامة كالنفط، والمذيبات الكلورية ووصولاً إلى فرط المواد

التي تهدد التوازن البيئي مثل الطحالب، فإن ميكروبات المعالجة الكيميائية هذه صلبة وعنيدة وقادرة على تنظيف البيئة وإعادة التوازن إليها.

### فوائد المعالجة الحيوية:

لقد أصبحت المعالجة الحيوية بديلا مغريا لطرق مكلفة تحتاج إلى عمالة كثيفة لتنظيف المواقع، مثل إزالة التربة وإحراقها بالكامل.

يقول كونيسبرغ: "يمكنك إنفاق ما بين نصف مليون إلى مليون دولار لتنظيف موقع صغير نسبيا، لنقل بطول 100 قدم وبعرض 40 قدما. ما تمكنا من القيام به هو تخفيف الكلفة والمساعدة على تنظيف موقع بحوالي عشر الثمن السابق، وبالتالي زيادة معدلات المعالجة إلى حد كبير".

لو أرادت الولايات المتحدة تنظيف كل مواقع النفايات السامة بواسطة المعالجة الكيميائية، لاستغرقها ذلك عقودا وكلف أكثر من مليون مليار دولار. فالأمر غير ممكن بكل بساطة، وليست إزالة النفايات التقليدية باهظة الثمن فحسب، بل غالبا ما تؤجل المشاكل من خلال نقل المواد الخطرة من مكان إلى آخر. إن المعالجة الحيوية وسيلة لإزالة المواد الخطرة كليا، سواء في المنطقة الملوثة أو في مرفق معالجة خارج الموقع.



## الفصل الثالث

### كيمياء الماء والتلوث المائي للبيئة

3. مقدمة عن الماء
- 3-1. كيمياء الماء
- 3-2. دورة الماء الطبيعية علي الأرض
- 3-3. الدورة الاصطناعية للمياه
- 3-4. توزيع المياه علي الكرة الأرضية
- 3-5. تلوث الماء
- 3-5-1. ملوثات الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية
- 3-6. التحكم في تلوث الماء
- 3-6-1. معالجة مياه الصرف الصحي
- 3-6-2. معالجة مياه الصرف الصناعي
- 3-7. المسح البيئي لمصادر المياه
- 3-8. الموارد المائية في الوطن العربي



## الفصل الثالث

### كيمياء الماء والتلوث المائي للبيئة

#### 3. مقدمة عن الماء

الماء ميزه الخالق سبحانه وتعالى بالعديد من الصفات الفيزيائية، والكيميائية والحيوية التي جعلت حقاً سائل الحياة الفريدة، وجعلته بحق أعجب وأعظم سائل، فلولا ما كانت على الأرض حياة وبدونه لا يوجد سائل الدعم، وعصارات النبات ولولا الماء ما نظمت درجة حرارة الأرض، ولا فتت صخورها ولا تشقت تربتها الزراعية ولعجزنا عن إنبات حبة واحدة على سطح الأرض

الله سبحانه وتعالى خلق الأرض والسماء وأراد أن يخلق الإنسان على هذه الأرض خلق له الماء الذي فيه قوام حياته وحياة من حوله من الكائنات الحية قال الله عز وجل:

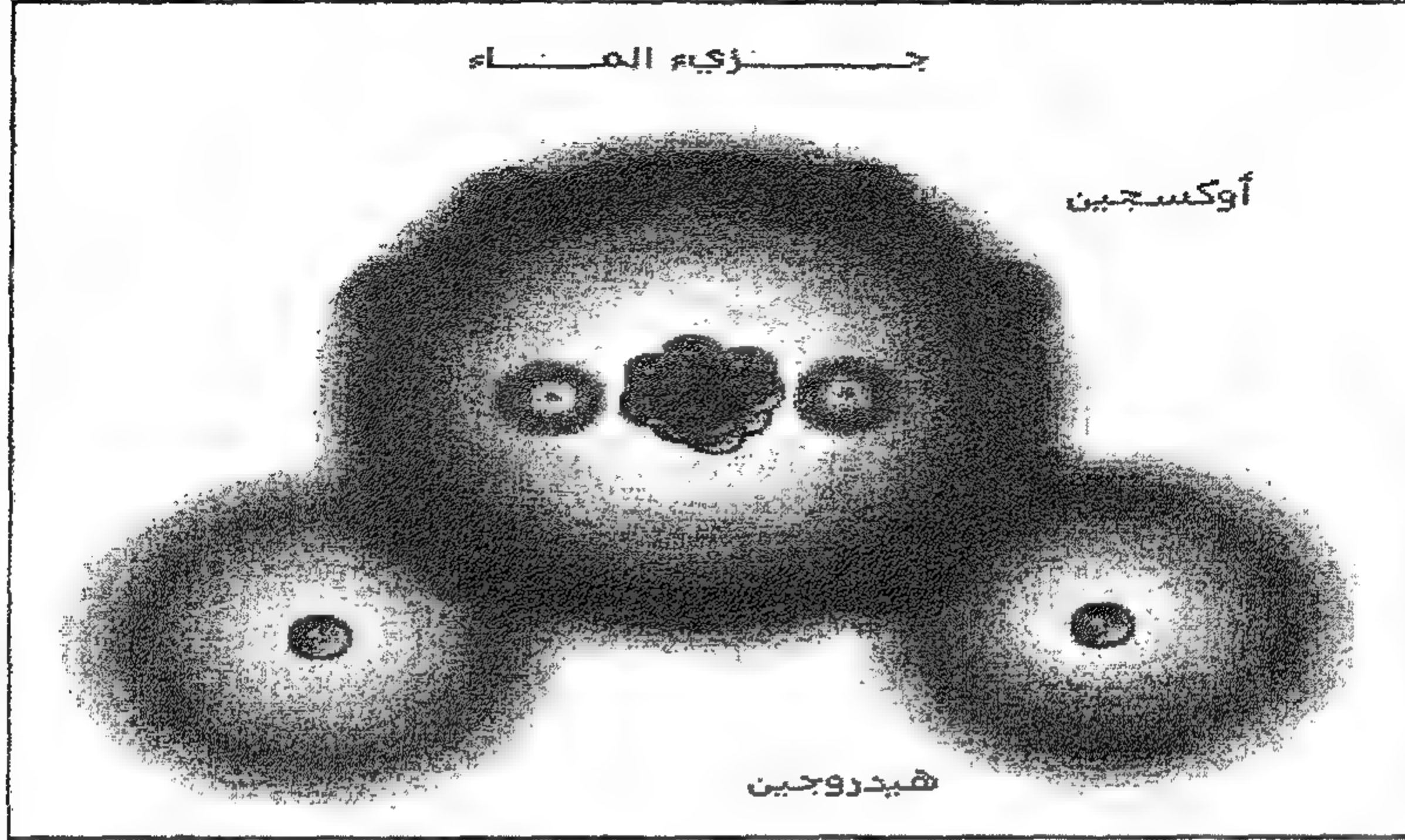
(اولم ير الذين كفروا أن السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ) [الانبياء:30]

والماء هو مادة الحياة وإكسيرها السحري الذي بدونه لاستحالت الحياة على سطح هذا الكوكب.

#### 3-1. كيمياء الماء

يتكون الماء من وحدات دقيقة تسمى الجزيئات. وتحتوي قطرة من الماء على عدة ملايين من الجزيئات. ويتألف كل جزيء بدوره من وحدات دقيقة جداً تسمى الذرات وتتكون جزيئات الماء من ذرات هيدروجين وذرات أكسجين. والهيدروجين والأكسجين غازان، لكنه لدى اتحاد ذرتين من الهيدروجين مع ذرة واحدة من الأكسجين يتكون المركب الكيميائي  $H_2O$  - الماء. وحتى الماء النقي يحتوي على مواد أخرى بجانب الهيدروجين والأكسجين العاديين. فهو يحتوي مثلاً على نسبة

ضئيلة جدًا من الديوتريوم وهو ذرة هيدروجين تزن أكثر من ذرة الهيدروجين العادي. ويسمى الماء المتكوّن من اتحاد الديوتريوم مع الأكسجين بالماء الثقيل. تعتمد الخواص غير العادية للماء على طبيعة القوى التي تشده وتربطه بعضه ببعض. وهذه القوى هي: 1- الروابط كيميائية، 2- الروابط الهيدروجينية.



شكل 1-3

يتركب جزيء الماء من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين واحدة. وفي كل ذرة هيدروجين متسع لإلكترون آخر حول نواتها. أما ذرة الأكسجين فلديها متسع لإلكترونين آخرين حول نواتها.

الروابط الكيميائية. يقصد بالروابط الكيميائية القوى التي تربط ذرتي الهيدروجين وذرة الأكسجين ببعضهما البعض في جزيء ماء. وفي كل ذرة هيدروجين إلكترون واحد يدور في مدار حول نواة الذرة، وفي كل من ذرات الهيدروجين متسع لإلكترونين. ولذرة الأكسجين ستة إلكترونات في مدارها ثلخارجي ولكنها تتسع لثمانية إلكترونات. وتقوم ذرتا الهيدروجين والأكسجين بملء الأماكن الشاغرة بها باشتراك هذه الذرات في الإلكترونات. ويدخل الإلكترونان من ذرتي الهيدروجين مدار ذرة الأكسجين وفي نفس الوقت فإن الإلكترونين من ذرة



الأكسجين يملأ الفراغ في ذرتي الهيدروجين. ويكون جزيء الماء الناتج ذا بناء وتركيب قويين.

الروابط الهيدروجينية. تشير الروابط الهيدروجينية إلى تلك القوى التي تربط جزيئات الماء بعضها ببعض. ولجزيئات الماء شكل متفرع الجوانب. وذلك لأن ذرتي الهيدروجين تبرزان من إحدى نهايتي ذرة الأكسجين. وللنهاية الهيدروجينية في جزيء ماء شحنة كهربائية موجبة، وفي النهاية المقابلة لجزيء الماء شحنة كهربائية سالبة. وترتبط جزيئات الماء ببعضها بسبب تجاذب الشحنات الكهربائية السالبة والموجبة. وترتبط النهاية الموجبة لجزيء الماء بالنهاية السالبة لجزيء آخر ترتبط نهايته الموجبة بالنهاية السالبة لجزيء ثالث.

### 3-1-1 صفات الماء الكيميائية

الماء كمركب كيميائي فريد له العديد من الخصائص الكيميائية التي مكنت الإنسان من استخدامه في كثير من الصناعات والأغراض الصناعية، ومن أهم تلك الصفات:

■ الماء مذيب قوي

■ التآين وحامضية وقلوية الماء

#### 1. الماء مذيب قوي

عدّ الماء أقرب من أي مركب غيره يطلق عليه وصف "المذيب العام"، ذلك أن أغلب المواد تذوب في الماء، ولكن بدرجات متفاوتة. وترجع سبب قوة إذابة الماء للمواد الأخرى، إلى قطبية جزيئات الماء الناتجة عن الشكل الهندسي المائل للروابط التساهمية. فكثير من ذرات المواد الذائبة، ترتبط بعضها ببعض، من خلال قوى جذب إلكتروستاتيكي بسيط، ناتجة عن احتوائها على شحنات مختلفة. وهذه الأنواع من الروابط تعدّ أضعف بكثير من الروابط التساهمية الموجودة داخل جزيء الماء، والروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء. ونتيجة لوجود ذرات تلك المواد

في الماء، فإنها تحاط بجزيئات الماء، وتعزلها فيزيقياً بعضها عن بعض، وتتأين وتصبح ذائبة في الماء. وعلى الجانب الآخر، يظل الماء محتفظاً بتركيبه الأساسي، بسبب قوة الروابط التساهمية والهيدروجينية.

لذا، تُعدّ مقدرة الماء على إذابة العديد من المواد العضوية وغير العضوية، من دون التفاعل معها، أو تغيير خصائصه الكيميائية الأساسية، من الخصائص الفريدة التي يتميز بها الماء. وهذا على عكس المذيبات العضوية (Organic Solvents)، التي لا تقدر على إذابة أي مادة، دون التفاعل معها.

فعلى سبيل المثال، يذوب السكر في الماء عن طريق تداخل جزيئات الماء داخل جزيئات السكر، حيث تقوم بعزلها فيزيائياً، والاحتفاظ بها داخل الفراغات الموجودة بين جزيئات الماء (Inter Molecular Space)، وبالتالي يذوب السكر عن طريق انتشار جزيئاته بين جزيئات الماء دون التفاعل معها. وهذا الذوبان هو عكس ذوبان ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في الماء، حيث تتم الإذابة عن طريق تأين (Ionization) كلوريد الصوديوم، إلى أيونات الكلوريد السالبة وأيونات الصوديوم الموجبة.

ولهذا السبب، نجد أن محلول السكر في الماء المقطر، يكون غير قابل للتوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity) نتيجة عدم تكون أيونات حرة من عملية الذوبان الفيزيائي للسكر، حيث تعمل هذه الأيونات الحرة (Free Ions) على حمل إلكترونات التيار الكهربائي في الماء. فيما يكون محلول الملح (كلوريد الصوديوم)، الذائب في الماء المقطر، موصلاً جيداً للكهرباء، نتيجة ازدياد أيونات الكلوريد وأيونات الصوديوم اللازمة لحمل إلكترونات التيار الكهربائي في الماء. وكلما ازداد تركيز هذه الأيونات، ازدادت مقدرة هذا المحلول على التوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity).

ولصفة الإذابة هذه أهمية خاصة في تغذية الكائنات الحية، وذلك لأن تغذية الكائنات الحية واستفادتها من الغذاء، تعتمد بصورة رئيسية، على إذابة المواد الغذائية في الماء، سواء تم ذلك قبل امتصاص المواد الغذائية، أو بعد امتصاصها وانتقالها في جسم الكائن الحي.

وتسبب هذه الخاصية بعض المشكلات في كثير من الأحيان، حيث يصعب الحفاظ على الماء بحالة نقية، لأن نقائه يبدأ في التناقص تدريجياً، بسبب ذوبان الإناء المحتوي عليه، في كثير من الأحيان، ولا يمكن استبعاد مياه الأمطار من هذه الخاصية كذلك. فأتناء هطولها، تذيب كثير من العوالق والشوائب الموجودة في الجو، وبذلك تهبط إلى الأرض محملة بالكثير من المواد الكيميائية والأتربة.

### التأين وحامضية وقلوية الماء:

تعرف عملية التأين بأنها: "عملية تحول جزيئات مركب ما، إلى أيونات". وبالنسبة إلى الماء، فإن معدل تأينه يُعدّ ضعيفاً جداً، إذا ما قورن بمعدلات التأين في المركبات الأخرى. إلا أنه قد يحدث تحلل لبعض جزيئات الماء، إلى أيوني الهيدروجين الموجب ( $+H$ ) والهيدروكسيل السالب ( $-OH$ ). وقد وجد أن زيادة تركيز أيون الهيدروجين، تعني زيادة الحموضة لهذا السائل، في حين تعني الزيادة في تركيز أيون الهيدروكسيل، زيادة القلوية. وفي حالة الماء النقي، يكون عدد أيونات الهيدروجين، مساوياً لعدد أيونات الهيدروكسيل، أي أنه متعادل.

وتُقاس الحموضة (تركيز أيونات الهيدروجين) في المواد المختلفة، عن طريق مقياس الأس الهيدروجين (pH Scale)

ويراوح مقياس الأس الهيدروجيني بين صفر و14. فالمواد المتعادلة الحموضة، مثل الماء النقي، قيمة الأس الهيدروجيني لها = 7. أما الأحماض، فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين صفر و6.9. أما المواد القاعدية، فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين 7 و14.

ومعظم العمليات الحيوية تتم في مجال محدود من الأس الهيدروجيني، فإذا ما زادت أو قلت درجة الأس الهيدروجيني عن هذا المجال، فإن العمليات الحيوية أو الوظائف الطبيعية للجسم تختل. فعلى سبيل المثال، تبلغ قيمة الأس الهيدروجيني لدم الإنسان 7.4، فإذا ما انخفضت هذه القيمة، اختلت وظائف الجسم، وقد تحدث الوفاة.

كذلك، قد تكون مياه الأمطار حمضية بعض الشيء (قيمة الرقم الهيدروجيني حوالي 6)؛ نتيجة نوبان ثاني أكسيد الكربون في قطرات المطر، إلا أن نوبان بعض أكاسيد الغازات الأخرى الملوثة للجو في مياه الأمطار، قد تسبب زيادة الحموضة في مياه الأمطار، كما هو حادث في الأمطار الحمضية. ويجب ملاحظة أن التغيير في قيمة الأس الهيدروجيني درجة واحدة، يعني تغيير درجة الحموضة بمقدار 10 أضعاف. فالمحلول الذي له قيمة أس هيدروجيني = 3، هو حمضي 10 أضعاف المحلول الذي له قيمة أس هيدروجيني = 4.

### 2-3. دورة الماء الطبيعية علي الأرض:

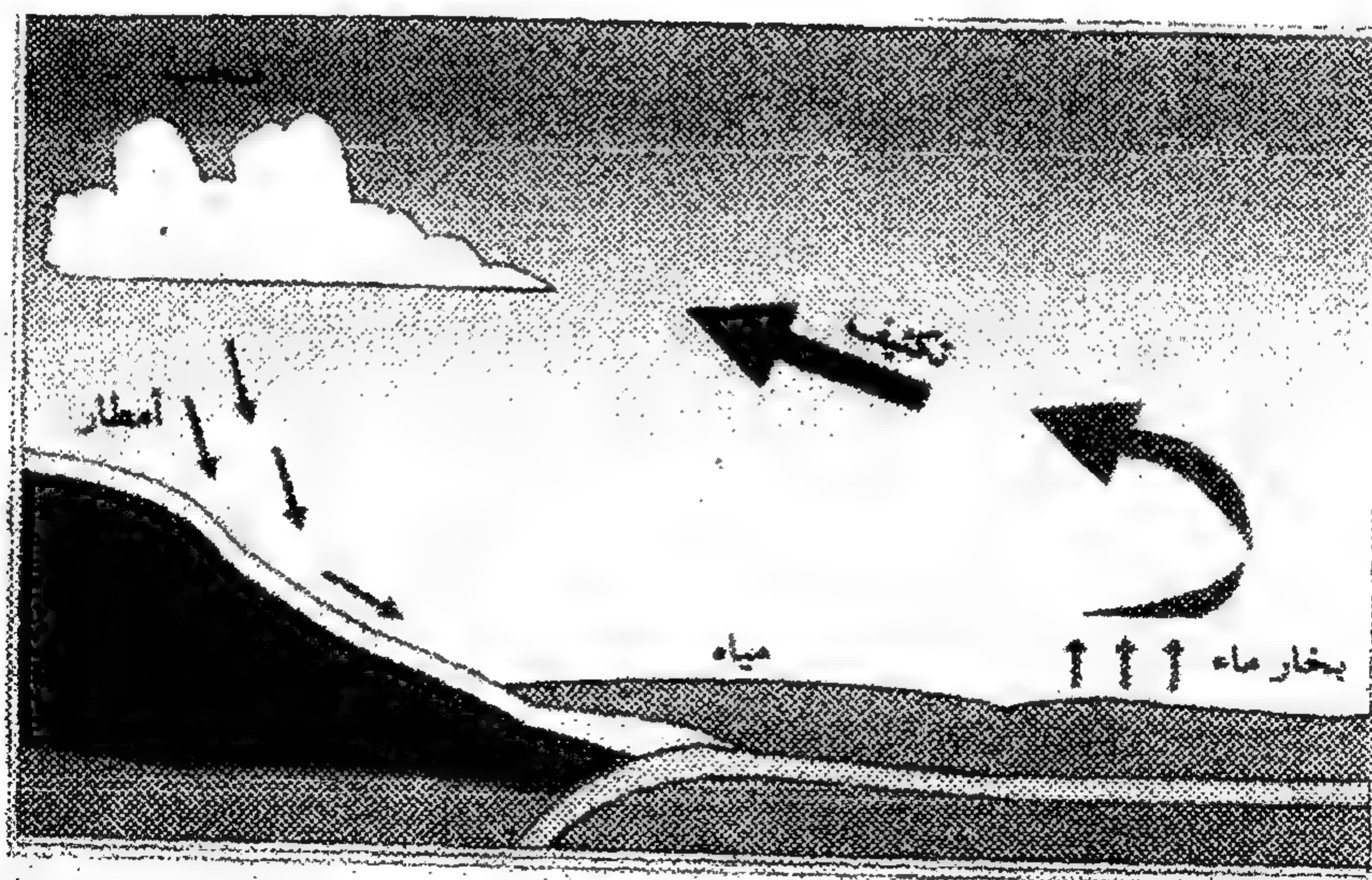
كما قلنا يعد الماء من أهم المصادر الطبيعية الموجودة علي سطح الأرض وفي داخلها وداخل الغلاف الجوي، فالماء أساسي لحياة جميع أنواع الكائنات الحية من انسان وحيوان ونبات وكائنات حية دقيقة. وتغطي مياه البحار والمحيطات أكثر من 70 % من المساحة الكلية للكرة الأرضية لذا يطلق علي كوكب الأرض الكوكب المائي. وتتميز المياه بحركتها المستمرة في الطبيعة بفعل الطاقة الشمسية التي تقوم بتبخير حوالي مليار متر مكعب في الدقيقة من المسطحات المائية حيث يتصاعد بخار الماء الي الغلاف الغازي مكونا السحب والتي تؤدي الي سقوط الأمطار او الثلوج علي سطح الكرة الأرضية وهذا ما نسميه بالتساقط.

وبعد سقوط الأمطار يتبخر قسم منها ويعود الي الغلاف الغازي، وفي بعض الاحيان يكون التبخر مباشرة عند سقوط الأمطار علي سطح الأرض وهذا يرتبط



مع الظروف الجوية السائدة في منطقة السقوط. اما القسم المتبقي من هذه المياه فيتوزع علي الشكل التالي:

- يتدفق القسم الاكبر من المياه علي شكل مياه سطحية مكونا جداول صغيرة تتجمع في أنهار وادوية كبيرة تذهب الي المياه السطحية لتتبخر من جديد وتعود الي طبقات نغلة بذلك الدورة. وتعتمد كمية المياه الجارية علي سطح الأرض علي عدة عوامل من اهمها كمية وغزارة الامطار الساقطة خلال الوحدة الزمنية ونوعية التربة والغطاء النباتي.
- يتغلل قسم قليل من المياه باتجاه الجانبية الأرضية مغذيا بذلك المياه الجوفية، وتعود هذه المياه الي الدورة من جديد عند استعمالها في مختلف الاغراض.
- يتم الاستفادة من قسم من هذه المياه من قبل الكائنات الحية في بناء الكتلة الحية، وتعود الي الدورة بعد تحلل المواد العضوية الموجودة داخل اجسام الكائنات الحية.



شكل 2-3 دورة الماء

### 3-3. الدورة الاصطناعية للمياه

علي التوازي مع الدورة الطبيعية للمياه هناك ما يسمى الدورة الاصطناعية للمياه تبدأ بتدخل الإنسان من مكان اخذ المياه (المصدر الطبيعي) لاستخدامه في عدة مجالات لينتهي برميته مرة اخري في المصب الطبيعي.

يمكن تلخيص مراحل الدورة الاصطناعية للمياه كما يلي:

#### 1- استخراج وجر (نقل) المياه:

تتم عملية رصد وجمع المياه سواء كانت مياه جوفية (كالآبار والينابيع جيوب مائية) او مياه سطحية (كالأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات) او مياه استثنائية كمياه الهطول مباشرة.

#### 2- معالجة وتنقية المياه:

وتتم هذه العملية تقريبا يوميا بغرض الحصول علي مياه نقية صحية صالحة للشرب واي استعمال. تتم عملية المعالجة تبعا لنوعية المياه (مياه المصدر) وحسب الغرض المخصصة له (فمثلا مياه التبريد اقل في النقاوة من مياه الشرب، ومياه صناعة الادوية ذات مواصفات خاصة جدا).

#### 1- تحويل المياه:

هذه العملية عبارة عن نقل المياه من مكان المصدر الي مكان الاستهلاك، ويمكن ان ترتب هذه المرحلة قبل المرحلة السابقة اذا كانت نوعية ومواصفات المياه تسمح بذلك.

#### 2- التخزين:

يقصد بالتخزين هو تجميع المياه في خزان لضمان تجانس كبير للتدفق المعالج من جهة ومن جهة اخري ضمان استمرار تدفق المياه في حالة حدوث عطب او عطل في المراحل السابقة. ومن الضروري ان يكون منشآت التخزين قريبة من المستهلك.

### 3- التوزيع:

يتمثل التوزيع عملية تزويد المستهلكين بالكميات المطلوبة من الماء وبالضغط المناسب اللازم في اي وقت، وهذا يتطلب وضع شبكة من المواسير ذات اقطار مدروسة لاكبر تدفق ممكن ان يمر باي نقطة من نقاط الشبكة.

### 4- شبكة المجاري:

بعد الاستهلاك فان المياه المستعملة تسمى مياه صرف او مياه عادمة وهي تصرف في شبكة، وتصمم هذه الشبكة بحيث تستوعب اي تدفق (من مياه الامطار ومياه المستعملة).

### 5- جمع مياه الامطار الساقطة:

بالتوازي مع المرحلة السابقة فان مياه الامطار الساقطة تجمع وتصرف الي مصاب طبيعية او يكون لها شبكة لجميع و صرف خاصة (وتسمى هذه الشبكة شبكة صرف منفصلة) او تجمع وتصرف مع مياه المجاري في شبكة واحدة (وهذه تسمى شبكة صرف مجمعة مشتركة).

### 6- التصفية:

نظريا يجب معالجة المياه المستعملة معالجة تمهيدية بالتصفية قبل رميها في المصب الطبيعي وذلك لتفادي اي تلوث للمصادر الطبيعية.

### 7- المصب:

عادة يتم رمي المياه بعد تصفيتها في الوسط الطبيعي، ويمكن رمي مياه الامطار اذا كانت بكميات كبيرة الي المصب مباشرة بدون تصفية او معالجة اولية اذا كانت لا تشكل تلوثا للمصب الطبيعي.

### 8- الضخ:

بسبب اختلاف مستويات مراحل المسار الاصطناعي للمياه يتم استخدام اليات الضخ من اجل رفع المياه من مناسيب منخفضة طبيعية الي مناسيب اعلي. ففي

اغلب الحالات نجد المضخات بالقرب من مراحل المعالجة وتخزين المياه وبعض شبكات المجاري.

### 3-4. توزيع المياه علي الكرة الأرضية:

تغطي المياه حوالي 71% من سطح الكرة الأرضية، ويقدر الحجم الاجمالي لهذه المياه اكثر من 1370 مليون كيلومتر مكعب، وبالطبع ليست كل هذه الكميات الهائلة المياه في متناول الإنسان، لان معظمها 97.2% مياه مالحة موجودة في البحار والمحيطات، اما الباقي فهو مياه ليست مالحة 2.14 % اي 29 مليون كيلومتر مكعب علي شكل كتل جليدية في القطبين، وهذه يتعذر الاستفادة منها، لذا لا يتبقى في متنازل ايدينا سوي 9 ملايين كيلومتر مكعب من المياه العذبة في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية.

والجدول التالي يبين توزيع المياه في الكرة الأرضية.

جدول 3-1

النسبة المئوية من المجموع (%)	الحجم بالملايين م <sup>3</sup>	الخزان الطبيعي للماء
97.25	1370	البحار والمحيطات والبحيرات المالحة
2.05	29	المياه المتجمدة
0.68	9.5	المياه الجوفية
0.01	0.125	البحيرات العذبة
0.005	0.065	ماء التربة
0.001	0.013	ماء الغلاف الجوي
0.0001	0.0017	الأنهار
100	1408.7	المجموع



المياه الطبيعية تحتوي علي كثير من المواد والتي قد تكون ذائبة او عالقة في المياه، والجدول التالي يبين المواد التي تتواجد في المياه الطبيعية من مصادر مختلفة.

### جدول 2-3

#### المواد الطبيعية الموجودة في المياه

مياه الأمطار	
مواد عالقة	بعض الشوائب التي تتواجد في الجو عند نزول المطر مثل الغبار والجسيمات
مواد ذائبة	غازات مثل ثاني اكسيد الكربون والأكسجين، وبعض الأملاح
المياه السطحية	
مواد عالقة	الطين والطيني والكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبروتوزا والبكتريا وكذلك المواد العضوية.
مواد ذائبة	ثاني اكسيد الكربون و النتروجين والأكسجين وأحماض عضوية، الامونيا، وأملاح الكلوريدات والكبريتات والفوسفات والسيليكات.
مواد عالقة غروية	مواد ملونه وأحماض ومواد عضوية
المياه الجوفية	
مواد عالقة	بعض الكائنات الحية الدقيقة ( نادرا )
مواد ذائبة	أملاح البيكربونات والكربونات، الكبريتات، والكلوريدات، وهيدروكسيد (المنجنيز والحديد والكالسيوم) والغازان مثل النتروجين والأكسجين
مواد عالقة غروية	السيلكا وأكسيد الحديد والمنجنيز.

## المميزات الفيزيائية لمياه الشرب:

تعد المميزات التالية اهم المميزات الفيزيائية لمياه الشرب:

◇ درجة الحرارة

◇ المواد العالقة

◇ اللون

◇ الطعم والرائحة

◇ العكارة

◇ التوصيلية الكهربائية

## اولا درجة الحرارة Temperature:

تتراوح درجة الحرارة المثلى لمياه الشرب ما بين 9 الي 12 درجة مئوية، وينصح بعدم توزيع مياه تتخطى درجة حرارتها 20مئوية، عادة تكون درجة حرارة المياه الجوفية 10 الي 12 مئوية، ولكن المياه الجوفية العميقة تكون جدا حارة اذا تبلغ في بعض الاحيان 60 درجة مئوية. بينما نجد درجة حرارة الجدول بين صفر الي 25 مئوية حسب فصول السنة.

## المواد العالقة Suspended Solids:

يسبب وجود مواد عالقة في المياه او وجود بعض المواد العضوية (كبقايا النباتات او الحيوانات) او حيوية مثل البكتريا والطحالب وبعض الشوائب المعدنية (كالرمال والتراب) اضافة الي مخلفات المصانع والمجاري ومركبات الحديد ونمو الطحالب والتفاعلات التي تتجم عنها الي تغير لونها وعدم امكانية شربها.

لذا فان منظمة الصحة العالمية لا تتصح بشرب مياه تحتوي علي مواد عالقة، وتعتبر قيمة 30 مجم / لتر للمواد العالقة في المياه السطحية طبيعيا وجيدا، بينما الماء الذي يحتوي علي مواد عالقة اكبر من 70 مجم لكل لتر يعتبر ماءا ملوثا.

## اللون Color:

الماء النقي لا لون له، بسبب درجة صفائه أو شفافيته؛ إذ يسبب تلون الماء وجود المواد العضوية أو غير العضوية (وجود بعض الاملاح المذابة) على شكل مذاب أو معلق.

والمياه النقية علي عمق 2 متر لا لون لها ويكون لونها ازرق سماوي علي عمق ثلاثة امتار:

- قد يوجد للماء لوناً يعزى للمواد العالقة أو لانعكاس القاع أو السماء فيسمى اللون الظاهري، وقد يوجد للماء لوناً يعزى للمواد المذابة فيه يسمى اللون الحقيقي.

والالوان من المواد المذابة لا يمكن التخلص منهت بالترشيح، اما الالوان الناتجة عن المواد العالقة غير الذائبة (مثل املاح الحديد والصدأ) فيمكن ازلتها بالترشيح والترسيب، والالوان التي لا تزال في المرشحات الرملية مثل الالوان الناتجة عن المواد العضوية المذابة في الماء يمكن ازلتها بالفحم المنشط.

ويقاس اللون في المياه بالمقارنة بالمحاليل القياسية.وقد حددت منظمة الصحة العالمية الحدود القصوي لعكارة المياه المسموح بها بخمس درجات.

## الطعم والرائحة Taste and Odor:

\* طعم المياه هو الاحساس الناتج عن تفاعل اللعاب والمواد المذابة في الماء اذا توجد علاقة وثيقة بين حاستي الذوق والشم؛ ومن الصعوبة التفريق بينهما إذ أن المادة التي تسبب رائحة معينة في الماء غالبا ما تؤدي إلى طعم معين. لكن العكس غير صحيح، فثمة مواد معدنية تسبب طعما دون رائحة.

ويمكن القول بصفة عامة ان حاسة الطعم تفيد في الكشف عن الملوثات الغير عضوية في المياه بينما حاسة الشم تفيد في الكشف عن الملوثات العضوية.

\* والماء المحتوي علي املاح بتركيزات عالية عن الاملاح الموجودة في اللعاب تستشعر حاسة الذوق بانه اكثر ملوحة، ولذا فن التركيزات القليلة من الصوديوم والكالسيوم والكلوريد والبيكربونات في الماء تبدو بدون طعم، كما ان الكلور المتبقي قد يخفي طعم الماء.

وقد تضيف كثيرا من المواد الغير عضوية الذائبة في الماء طعما منفرا بتركيزات اقل من تلك التي تحدث تاثيرات سامة، و من فضل الله ان معايير الطعم للمواد الغير عضوية اقل بكثير من التركيزات المسببة للاضرار الصحية.

### وخلاصة القول:

- المياه النقية (غير الملوثة) عديمة الطعم والرائحة.
  - مسببات الطعم والرائحة في الماء.
  - أ- وجود بعض المواد العضوية.
  - ب- وجود بعض المواد غير العضوية، فمثلا وجود غاز كبريتيد الهيدروجين في المياه يصبح لها رائحة البيض الفاسد
  - ج- الكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا.
- ويعتبر الماء صالحا للاستهلاك ما لم يتعدى درجة 2 بمقياس بال (البال وحدة قياس جودة الطعم والرائحة).

### العكارة Turbidity

تعد العكارة تعبيراً جيداً عن مدى ودرجة صفاء المياه العذبة، فالعكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة المياه بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها.



وغالباً تقاس العكارة لمياه الشرب كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدي احتوائها علي مواد غروية او مواد عالقة وتحدد العكارة مدي صلاحية المياه للشرب وللأستعمالات المنزلية حيث ان المياه الخالية من المواد الغروية العالقة تكون اكثر قبولا للمستهلك.

بالإضافة الي انه في حالة وجود عكارة عالية بالمياه يكون احتمال وجود كائنات ممرضة حيث يمكن ان تختبيء وتحتمي هذه الممرضات خلال الفراغات الدقيقة جدا في المواد الغروية والعالقة مما يقلل من فاعلية الكلور في القضاء علي الكائنات الممرضة ويؤدي الي استهلاك كميات كبيرة من الكلور لتطهير وتعقيم المياه.

وقد اوصت الهيئات المحلية والعالمية بعدم تخطي عكارة الماء خمس وحدات NTU، حيث ان الماء الذي له عكارة اكثر من خمس وحدات يكون غير صالح للشرب ويجب معالجتها للتخلص من العكارة.

العوامل التي تعتمد عليها عكارة الماء:

- حجم الحبيبات.
- تركيز الحبيبات
- طبيعة سطح الحبيبات

هناك عدة طرق للتخلص من العكارة والشوائب وذلك حسب نوع الماء وكميته وأستعمالاته. ففي الصناعة غالباً ما نستخدم الفلاتر الرملية المتعددة الطبقات، وعندما يراد الحصول على ماء أنقى عندها نستخدم الفلاتر الخرطوشية والفلاتر الميكرونية.

عندما تكون درجة العكارة عالية ويوجد استهلاك كبير للماء عندها نلجأ إلى المعالجة الأولية بأستعمال أحواض الترسيب والمرسبات مع المواد الكيماوية التي تساعد على الترويب والترسيب.

## التوصيلية الكهربائية Electrical Conductivity

تعتبر التوصيلية الكهربائية عن نسب الاملاح الكلية الذائبة في المياه، فارتفاعها يدل علي ارتفاع نسب الاملاح في المياه، حيث انه كلما زادت الاملاح في المياه زادت توصيليتها الكهربائية (توصيل التيار الكهربائي). وزيادة الاملاح اما ان تكون بفعل طبيعي كطبيعة المياه والأرض الجوفية او ما تذيبه وتسقطه مياه الامطار من عناصر او بفعل صناعي كصرف مياه الصرف الصحي او الصناعي علي المسطحات المائية الطبيعية. تعتمد التوصيلية الكهربائية للماء على:

- مجموع المواد الصلبة الذائبة
- درجة حرارة المياه
- تركيز الأيونات
- تكافئ الأيونات

وقد صنفت منظمة الصحة العالمية المياه الصالحة للشرب بدلالة التوصيلية الكهربائية كما في الجدول التالي:

جدول 3-3

نوعية المياه	التوصيلية الكهربائية ميكروسيمنز / سم $\mu\text{S/cm}$
مياه ممتازة	$\mu\text{S/cm} 400-50$
مياه جيدة	$\mu\text{S/cm} 750-400$
مياه متوسطة	$\mu\text{S/cm} 1500-750$
مياه ذات املاح معدنية عالية	اكبر من $\mu\text{S/cm} 1500$

ان مجموع دول الاتحاد الاوربي تسمح بوجود توصيلية للمياه الصالحة للشرب حتي 1250 ميكروسيمنز/سم.

## المميزات الكيميائية لمياه الشرب:

تعد المميزات التالية اهم المميزات الكيميائية لمياه الشرب:

◇ الرقم الهيدروجيني (تركيز ايون الهيدروجين) pH

◇ عسر الماء Water Hardness

◇ مجموع المواد الذائبة Total Dissolved Solids

### الرقم الهيدروجيني (تركيز ايون الهيدروجين) pH

الرقم الهيدروجيني هو اللوغاريتم العشري السالب لتركيز ايون الهيدروجين ويعبر عنها بالارقام من صفر الي 14، حيث الارقام الاقل من 7 تشير الي ان المياه حامضية والارقام اكبر من 7 تشير الي ان المياه قاعدية عند درجة 25 مئوية.

والرقم 7 يشير ان المياه متعادلة وهو الرقم الامثل للمياه الطبيعية الصالحة للشرب الا ان المياه تظل صالحة اذا زادت قليلا أو نقصت قليلا عن الرقم 7. وقد كيفت معظم صور الحياة المائية نفسها للعيش في ظروف حموضة محددة ويمكن أن يؤدي تغير بسيط في الأس الهيدروجيني إلى القضاء على نوع كامل من الكائنات الحية.

يؤدي اختبار الأس الهيدروجيني إلى قياس كمية أيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) الموجودة في مادة ما، والأس الهيدروجيني عبارة عن رقم، وهو مؤشر يساعدنا على تقدير ما إذا كانت المادة حمضية أم متعادلة أم قلوية، ويمكن أن يتراوح الأس الهيدروجيني بين صفر للأحماض القوية جدا مثل حمض الهيدروكلوريك (HCl)، و 14 بالنسبة للقواعد القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ويحتوي الماء النقي على عدد متساو من أيونات  $H^+$  وأيونات  $OH^-$  ولذلك يعتبر متعادلا.



شكل 3-3 مدي الاس الهيدروجيني

تتبع أهمية قياس الرقم الهيدروجيني للمياه في:

- التأكد من صلاحية المياه للشرب والزراعة.
- قياس الرقم الهيدروجيني للمياه له أهمية كبيرة في عمليات معالجة المياه كالتطهير وإزالة العسر والترسيب الكيميائي.
- يدل الرقم الهيدروجيني الذي هو أكبر من 9 وأقل من 4 على تلوث الماء بالمخلفات الصناعية.

وقد حددت منظمة الصحة العالمية فيم تتراوح بين 6.5 الي 8.5 للرقم الهيدروجيني للمياه الصالحة للشرب.

### عسر الماء Water Hardness:

عرّف "الماء اليسر"، بأنه الماء الذي يتفاعل مع الصابون عند استخدامه في الغسيل، منتجاً رغوة الصابون. أمّا "الماء العسر" فإنه لا تنتج عنه هذه الرغوة، أو تنتج بكمية ضئيلة. ويرجع السبب في عدم إنتاج رغوة للصابون مع الماء العسر، إلى وجود نسبة عالية من الأملاح المذابة في الماء، مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم، خاصة البيكربونات والكبريتات ونتيجة وجود هذه الأملاح في الماء، تتفاعل مع الصابون لإنتاج رواسب كيميائية، بدلاً من الرغوة، التي تزيل الأقدار من الملابس، أو الأدوات، المراد غسلها. لذلك، فإن سكان المناطق، التي بها ماء عسر، يجدون مشقة كبيرة في استخدام الماء العسر في النظافة. ويمكن إزالة عسر الماء بعدة طرق، تبعاً لنوع الأملاح المسببة للعسر. ففي حالة العسر المسبب بأملاح بيكربونات الكالسيوم، فيكفي غلي الماء للتخلص من هذا العسر، حيث تتحول البيكربونات إلى كربونات تترسب داخل إناء التسخين أو الغلي. لذا، يطلق على العسر الناتج من هذه الأملاح، "العسر المؤقت".

وهو يختلف عن العسر الدائم، الناتج عن كبريتات الماغنسيوم أو الكالسيوم، ولا يمكن التخلص منه بالحرارة. وكما أن الماء العسر، غير مناسب للاستعمال



العام، فإن الماء شديد اليسر غير مناسب، أيضاً، للاستعمال العام، لأن طعمه غير مناسب، لخلوه من ثاني أكسيد الكربون. وكذلك يذيب الماء اليسر الرصاص في الأنابيب المصنوعة من هذا المعدن، لأنه يؤدي إلى تكوين هيدروكسيد الرصاص، وهي مادة قابلة للذوبان في الماء، مما يؤدي إلى التسمم بالرصاص، نتيجة الاستعمال المستمر لهذا الماء المحتوي على الرصاص.

### جدول 3-4

#### الايونات السالبة والموجبة للماء

الايونات الموجبة Cations		الايونات السالبة Anions	
$Ca^{++}$	الكالسيوم	$HCO_3^-$	بيكربونات
$Na^+$	الصوديوم	$CO_3^{--}$	كربونات
$Mg^{++}$	الماغنيسيوم	$SO_4^{--}$	كبريتات
$K^+$	البوتاسيوم	$CL^-$	كلوريد
$Fe^{++}$	الحديد (ثنائي)	$NO_3^-$	نترات
$Fe^{+++}$	الحديد (ثلاثي)	$PO_4^{---}$	فوسفات
$Al^{+++}$	الالومنيوم	$OH^-$	هيدروكسيد

المياه ذات المحتوي العالي من الأملاح الذائبة تكون أقل استساغة وقبول للاستهلاك وطبقاً لنوع الملح الموجود في الماء يتحدد المذاق والطعم، فمثلاً أملاح الكبريتات تحدث مذاقاً لاذعاً في مستوى اعلى من 300 الى 400 مليجرام لكل لتر، وتركيز الكلوريدات اعلى من 250 مليجرام لكل لتر يعطي مذاق مالح ولا توجد اضرار صحية للمياه طالما ان الأملاح الكلية الذائبة أقل من 1500 مليجرام / لتر.

واظهرت الدراسات ان الأملاح الذائبة لها اثار صحية مفيدة اذ قد يحصل للجسم علي احتياجاته من بعض الأملاح والعناصر المفيدة من المياه والمياه المقطرة

والتي نكاد تخلو من الاملاح لا تصلح للشرب ويكون لها اضرار صحية اذا تناولها الإنسان اكثر من مرة.

ومن حيث الاملاح الكلية الذائبة يمكن تصنيف المياه الي أربعة انواع:

- مياه عذبة وتحتوي علي املاح ذائبة من 50 الي 1500 جزء في المليون علما ان مياه الامطار تقل نسبة الأملاح بها عن 10 جزء في المليون.
- مياه قليلة الملوحة تحتوي علي املاح ذائبة من 1500 الي 10000 جزء في المليون.
- ماء متوسط الملوحة به 10000 الي 25000 جزء في المليون من الاملاح الذائبة.
- مياه مالحة تحتوي علي املاح ذائبة من 25000 الي 50000 جزء في المليون.
- مياه شديدة الملوحة تحتوي علي املاح ذائبة اكثر 50000 جزء في المليون.

**المواصفات العالمية لمياه الشرب:**

تحدد مواصفات مياه الشرب عموما الحد الأقصى المسموح به للمواد الضارة من أملاح ومعادن ثقيلة ومركبات كيميائية ومواد سامة في ماء الشرب طبقاً لمواصفات الهيئات العالمية (ملجرام / لتر).

### جدول 3-5

#### المواصفات العالمية لمياه الشرب

المواصفات الروسية	المواصفات الأمريكية	المواصفات الكندية	المواصفات الأوروبية	مواصفات هيئة الصحة العالمية	العنصر أو المادة
-	15	15	20	15	اللون TCU
-	500	500	-	1000	المواد الصلبة الذائبة
-	-	-	-	-	المواد الصلبة المعلقة
-	1 - 5	5	4	5	العكارة NTU
-	8.5-6.5	- 6.5 8.5	- 6.5 8.5	8.5 - 6.5	الاس الهيدروجيني PH
4	-	-	-	-	الأكسجين المذاب
-	-	-	-	500	عسر الماء
2	-	-	-	-	نيتروجين نشأري (امونيا)
2	-	-	0.5	-	الألمونيوم
-	10	10	-	10	نترات معين بالنيتروجين
10	-	-	50	-	النترات
1	-	1	-	-	نترت معين بالنيتروجين
1	-	-	0.1	-	النترت
-	-	-	5	-	الفوسفور P
2	-	-	-	-	حدود الأكسجين الحيوي BOD
-	-	-	-150 175	200	الصوديوم Na
250	250	250	25	250	الكوريد CI
500	250	500	25	400	كبريتات SO4
-	-	0.05	-	-	كبريتيد S

المواصفات الروسية	المواصفات الأمريكية	المواصفات الكندية	المواصفات الأوروبية	مواصفات هيئة الصحة العالمية	العنصر أو المادة
1.5	2	1.5	-1.5 5(0.7)	1.5	F فلوريد
-	-	5	1	-	B بورون
0.1	-	0.2	-	0.1	CN سيانيد
-	-	-	0.2	0.2	Al ألومنيوم
-	0.05	0.05	0.05	0.05	AS أرسنك
-	1	1	0.1	-	Ba باريوم
0.001	0.01	0.005	0.005	0.005	Cd كادميوم
-	0.05	0.05	0.005	0.05	Cr كروميوم
0.1	-	-	-	-	Co كوبلت
1	1	1	1(0.1)	1	Cu نحاس
0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	Fe حديد
0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	Pb رصاص
-	0.05	0.05	0.05	0.1	Mn منجنيز
0.0005	0.002	0.001	0.001	0.001	Hg زئبق
-	-	-	0.05	-	Ni نيكل
-	0.01	0.01	0.01	0.01	Se سelenيوم
1	5	5	- 0.1 (3)	5	Zn زنك
المواصفات الروسية	المواصفات الأمريكية	المواصفات الكندية	المواصفات الأوروبية	مواصفات الصحة العالمية	الملوثات العضوية
0.3	-	-	0.01	-	Oil & Petroleum Products
-	-	0.1	0.5	-	Total Pesticides
-	-	-	0.1	-	Individual Pesticides



العنصر أو المادة	مواصفات هيئة الصحة العالمية	المواصفات الاوروبية	المواصفات الكندية	المواصفات الأمريكية	المواصفات الروسية
Aldrin & Dieldrin	0.03	-	0.7	-	-
DDT	1	-	30	-	-
Lindane	3	-	4	0.4	-
Methoxychlor	30	-	100	100	-
Benzene	10	-	-	5	-
Hexachlorobenzene	0.01	-	-	-	-
Pentachlorophenol	10	-	-	-	-
Phenols	-	0.5	2	-	1
Detergents	-	0.2	-	-	0.5
المصدر: موقع منتديات المياه www.almyah.com					

### المميزات البيولوجية لمياه الشرب:

توفر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء الظروف الحياتية المناسبة للاحياء المائية، حيث يحوي الماء الكثير من الكائنات المائية النباتية والحيوانية الدقيقة والكبيرة بحيث قد يصل اعدادها من مئات الي عدة ملايين في اللتر الواحد، هذا العدد الكبير يكون له مساحة سطحية ذات فعالية كبيرة جدا وتؤثر بصفة اساسية في تحديد نوعية المياه، وتتميز الحياه المائية بالديناميكية والتنوع المستمر وتنقسم الي:

◇ حسب موقعها من تحلل المواد العضوية

◇ حسب اسلوب التغذية

◇ حسب التصنيف البيولوجي

أولاً: حسب موقعها من تحليل المواد العضوية وتنقسم إلى:

1. الأحياء المائية المنتجة للمادة العضوية من المواد الغير عضوية:

تتكون عناصر الانتاج من الكائنات الخضراء من الطحالب الخضراء بكل انواعها الى الاشجار الضخمة المختلفة، ولهذه النباتات سواء البرية أو المائية القدرة على انتاج غذائها بنفسها، حيث تقوم بعملية التمثيل الضوئي تحول ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من التربة إلى مركبات عضوية التي تحتاجها النباتات نفسها أو كائنات حية أخرى في النظام البيئي وعلى هذا فإن النبات كائن منتج.

2. الأحياء المائية المستهلكة للمادة العضوية:

وتتكون من الحيوانات بانواعها المختلفة، فلا تستطيع هذه الحيوانات ان تصنع غذائها بنفسها بل تعتمد على غيرها في ذلك، وعناصر الاستهلاك درجات منها الاولى والثانوي والثالثي، فالمستهلك الذي يعتمد على المنتج (النبات) الحيوانات أكلة الأعشاب Herbivores (مثل البقر والماعز) هي مستهلك أولي لهذه النباتات لأنها تتغذى عليها بصفة رئيسية، الحيوانات أكلة اللحوم Carnivores (مثل الإنسان و الحيوانات الأخرى أكلة اللحوم) هي مستهلك ثانوي لأنها تأكل الحيوانات أكلة الأعشاب، وفي كل الحالات تقوم هذه الحيوانات باستهلاك ما تنتجه عناصر الانتاج.

3. الأحياء المائية المحللة للمادة العضوية:

وتشمل كل ما يتسبب في تحليل لمكونات البيئة الطبيعية المحيطة بها كائنات حية مثل البكتريا والفطريات والحشرات وهي تحليل المنتجات الميتة (اجسام النباتات والحيوانات الميتة) إلى عناصرها الكيميائية وإعادتها للنظام البيئي ليتم إعادة استخدامها ثانية بواسطة عناصر الانتاج.

وتصنف المحللات حسب متطلباتها من الأكسجين إلى ثلاثة أنواع:

- الكائنات المحللة الهوائية Aerobes

وتحتاج هذه الكائنات المحللة إلى الأكسجين لاستمرار حياتها ونشاطها.

- الكائنات المحللة اللا هوائية Anaerobes

وتحتاج لاستمرار حياتها ونشاطها، وسطا لا يتوفر فيه الأكسجين (مثل بكتيريا الميثان).

- الكائنات المحللة الاختيارية Facultative Anaerobes

وهي كائنات تستطيع أن تكيف نفسها حسب الوسط الذي تعيش فيه، فإذا توفر الأكسجين كانت هوائية، وإذا انعدم أصبحت لا هوائية، مثل بكتيريا التربة Aerobacter.

ثانياً: حسب اسلوب التغذية وتنقسم الي:

1. ذاتية التغذية:

وهي التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون فتسمى ذاتية التغذية

Autotrophs.

وهي اما ان تكون ضوئية التمثيل الغذائي حيث تقوم بعملية التمثيل الضوئي تحول ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من التربة إلى مركبات عضوية وتحصل علي الطاقة من الطاقة الضوئية للشمس او اي مصدر اخر للضوء وهذه الكائنات تحتوي علي الكلوروفيل الاخضر المسئول عن عملية البناء الضوئي.

واما ان تكون كيميائية التمثيل الغذائية حيث تحصل علي الطاقة اللازمة لبناء المواد العضوية من التفاعلات الكيميائية مثل الاكسدة والاختزال.

2. غير ذاتية التغذية:

وهي الكائنات التي تستخدم الكربون العضوي لبناء انسجة خلاياها تسمى

غير ذاتية التغذية Heterotrophs

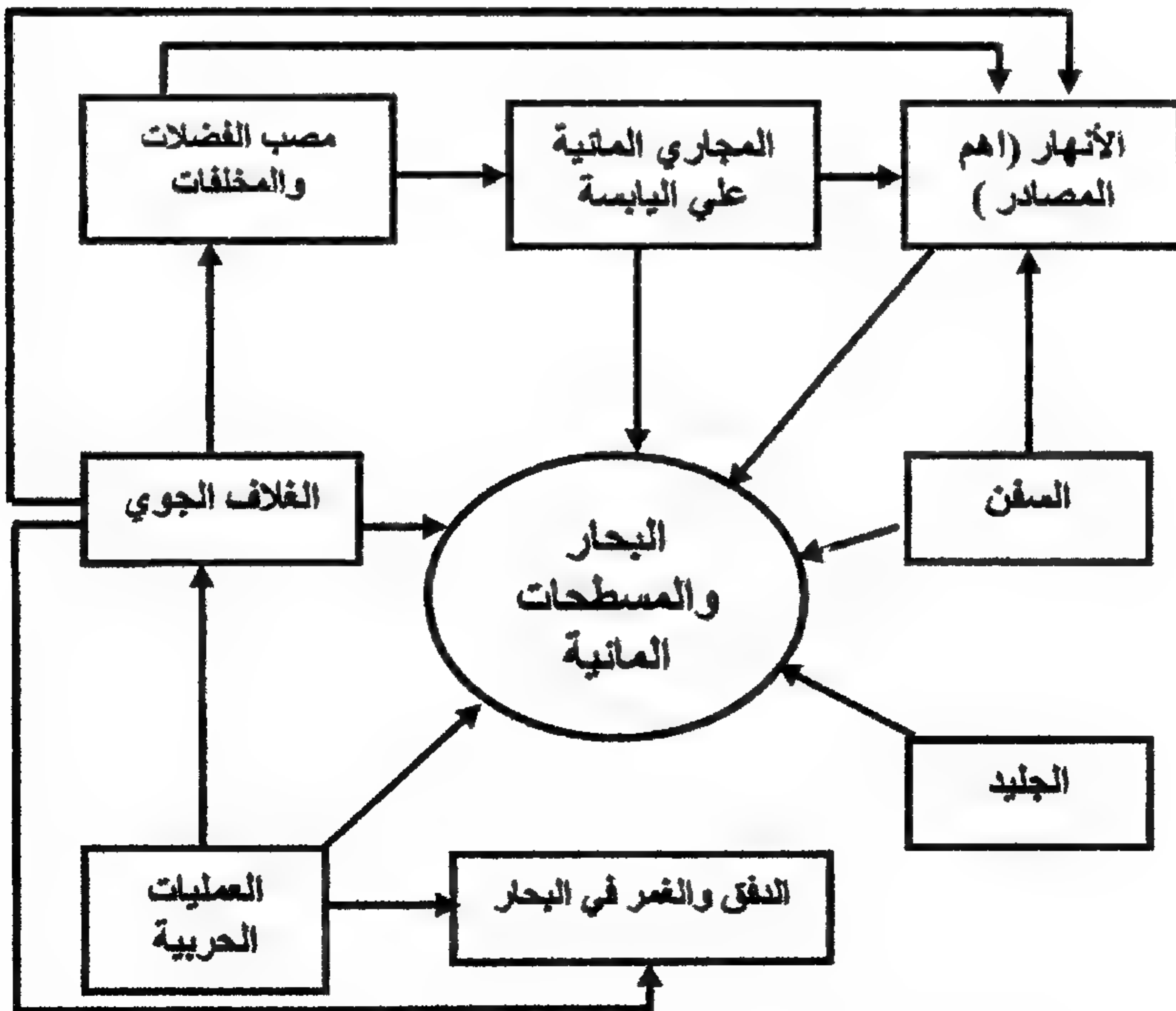
3-5. تلوث الماء

مع زيادة عدد السكان في العالم وزيادة الأنشطة الطبيعية والصناعية للانسان وتنوعها ازداد تلوث الأنهار والبحار والمحيطات حتي وصل هذا التلوث الي درجة

ان الكثير من الأنهار والبحيرات وشواطئ البحار لم تعد قادرة علي التنقية الذاتية. ويقال ان الماء ملوث اذا ما تغير تركيب عناصره، او تغيرت حالته بطريقة مباشرة بفعل الإنسان، بحيث يصبح الماء اقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة له او بعضها.

كما يمكن تعريف تلوث الماء بصورة اخري:

يقال ان الماء ملوث اذا ما احتوي علي مواد غريبة سواء كانت مواد صلبة، او سائلة، او غازية، او كائنات دقيقة مثل البكتريا او الطحالب او الطفيليات، وتغير هذه المواد من الخواص الطبيعية او الكيميائية او البيولوجية للماء، بحيث يصبح غير صالح للشرب وللاستهلاك المنزلي اوفي الصناعة اوفي الزراعة. ويبين الشكل التالي طرق وصول الملوثات للبحار والمسطحات المائية.



مخطط لطرق وصول الملوثات للبحار والمسطحات المائية



### 3-5-1..ملوثات الماء الطبيعية والكيميائية والبيولوجية

تصاب المياه بالتلوث من مصادر متعددة تتوقف علي نوعيات المياه وخصائص ومواقع المسطحات المائية. واهم مصادر تلوث المياه ما يلي:

- التلوث الطبيعي.
- التلوث الحراري.
- التلوث بالنفط ومشتقاته.
- التلوث بالامطار الحامضية.
- التلوث بالمواد المشعة.
- التلوث بالمبيدات.
- التلوث بالاسمدة والمخصبات الزراعية.
- التلوث بالمخلفات البشرية السائلة (مياه الصرف الصحي).
- التلوث بالمخلفات الصناعية السائلة (مياه الصرف الصناعي).
- التلوث بالكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

### 3-5-1-1. التلوث الطبيعي

التلوث الطبيعي للمياه موجود في كل مكان، وكل زمان، فمخلفات الحيوانات والنباتات تجد طريقها دائماً إلى الماء. فكلما تدفقت المياه الجارية على السطح التقطت فضلات عضوية ورواسب ومواد معدنية. وقد زاد الإنسان من التلوث الطبيعي للمياه عن طريق نشاطاته التي تحد من الغطاء النباتي، مثل قطع الأشجار والغابات، ما يوجد خلل في النظام الأيكولوجي، ويزيد من نسبة الجريان السطحي ووصول الملوثات الطبيعية العضوية والمعدنية إلى الأنهار والبحيرات. ومع أن الملوثات الطبيعية هذه قد لا تكون سامة بشكل مباشر كالطين مثلاً، إلا أنها تحدث خللاً في النظام البيئي إذ تصبح مياه الأنهار والبحيرات عكرة، ما يقلل من نسبة الأشعة الشمسية التي تخترق داخل الماء وما يترتب عليه من تناقص الإنتاج

النباتي، ومن ثم انخفاض في أعداد الحيوانات في هذه المياه أو هجرتها كلياً من هذه المياه إلى أماكن أخرى يوضح تلوث المياه السطحية بفعل انجراف التربة.

والعواصف يمكن ان تولد كميات هائلة من الصرف الذي ينقل الملوثات المختلفة إلى مصادر المياه. كما أن الحرائق تدمر الغطاء النباتي وتسبب التلوث بالرواسب. من جهتها فإن الزلازل يمكن أن تعمل على إلحاق الضرر بشبكات الماء والمجاري وقد تعمل على تغيير اتجاه مجرى الجريان في الأنهار.

ومن المعلوم ان الغطاء النباتي علي سطح الكرة الأرضية يحد من التلوث الطبيعي للماء.

### 3-5-1-2. التلوث الحراري للماء

تعتبر درجة الحرارة من العوامل الرئيسية التي تؤثر علي البيئة المائية وخاصة البحرية منها، فهي تؤثر علي كثافة ولزوجة مياه البحر وتتحكم في حركة التيارات المائية وكمية الغازات الذائبة والاس الهيدروجيني، كما تؤثر علي معدلات نمو الكائنات البحرية المختلفة حيث تزداد هذه المعدلات مع ارتفاع درجة الحرارة، وتقل بانخفاضها ولكن في حدود معينة، وتؤثر درجة الحرارة كذلك علي الفترات اللازمة لفقس البيض وسرعة نمو اليرقات ومواسم التزاوج والتوالد، وايضا تؤثر علي التوزيع المكاني للكائنات البحرية. وتنقسم الكائنات البحرية حسب قدرتها علي تحمل التغيرات في درجات الحرارة الي قسمين:

1- الكائنات التي تتحمل اختلافات كبيرة في درجة حرارة مياه البحر Eury thermal.

2- الكائنات التي لا تتحمل اختلافات كبيرة في درجة حرارة مياه البحر Steno-thermal. وهذه بدورها تنقسم الي نوعين:

أ- كائنات تتحمل البرودة فقط Steno- thermal cold

ب- كائنات تتحمل الحرارة المرتفعة فقط Steno-thermal wormth

يقترن وجود التلوث الحراري بمحطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع الضخمة، التي تحتاج إلى مياه بكميات كبيرة لعمليات التبريد يتم تصريفها بعد رفع درجة حرارتها إلى مياه الأنهار والبحيرات. وقد يكون تأثير رفع درجة حرارة المياه على الحياة النباتية والحيوانية أكبر بكثير من تأثير المواد الناتجة عن المصانع ومحطات توليد الطاقة نفسها، لأن ارتفاع درجة حرارة المياه يؤدي إلى خلل بالتوازن الطبيعي يتمثل في:

(1) تغير الخواص الطبيعية للمياه خاصة مدى ذوبان الغازات في الماء التي تنخفض مع زيادة درجة حرارة الماء ما يؤدي إلى انخفاض محتوى الماء من الأكسجين المذاب في الماء وبالتالي انخفاض في كثافة الكائنات الحية المائية.

(2) يتأثر نشاط الكائنات الحية بارتفاع درجة حرارة الماء، إذ أنه يتضاعف معدل التفاعلات الكيميائية، كلما ارتفعت درجة حرارة الماء عشر درجات مئوية. ويمكن للكائنات الحية، ذات الدم الحار Worm Blooded، أن تتكيف مع ارتفاع درجة الماء، عن طريق الميكانيكية المنظمة لحرارة الجسم، أما بالنسبة للكائنات الحية المائية ذات الدم البارد Cold Blooded، مثل الأسماك، فإنها لا تمتلك الآلية المنظمة لحرارة الجسم. لذا نجد أن ارتفاع درجة حرارة الماء، يؤدي إلى الإسراع بجميع العمليات الحيوية، وهذا يعني زيادة نشاط هذه الكائنات ذات الدم البارد، وما يترتب عليه من زيادة في سرعة عملية التنفس، وبالتالي زيادة الطلب على الأكسجين المذاب في الماء الذي تقل نسبته في الماء مع ارتفاع درجة حرارة الماء. فنجد مثلاً أن سمك التراوت Trout، يعيش بشكل طبيعي، عندما تكون درجة حرارة الماء ما بين 4.5-9 درجات مئوية، أما إذا ارتفعت درجة حرارة الماء إلى ما بين 9-15 درجة مئوية، فإن هذا النوع من الأسماك يصبح غير قادر على التقاط غذائه، لأن حاجته للغذاء ترتفع كثيراً لكي تحافظ على معدل أيض Metabolic مرتفع في الماء الحار. ويموت سمك التراوت، عندما تزيد درجة حرارة الماء إلى 25 درجة مئوية.

وهناك العديد من الحالات التي أدى ارتفاع درجة حرارة المياه، بسبب التلوث الحراري، إلى هجرة، أو زيادة، الكائنات الحية، التي كانت تعيش في هذه المياه بصورة طبيعية متوازنة. وفي بعض الأحيان، يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه، إلى اختلال للتوازن الحيوي، وذلك عندما يتسبب ارتفاع درجة حرارة الماء، إلى نمو أنواع جديدة من النباتات، لم تكن موجودة من قبل في هذه البيئة، على حساب النباتات الأصلية، لأن درجة حرارة المياه الجديدة أكثر ملائمة لهذه الأنواع. وهذا ينعكس على الحياة الحيوانية، التي قد لا تستطيع أن تعيش على هذه الأنواع الجديدة من النباتات. وفي أحيانا أخرى، قد يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه، إلى هجرة الكائنات الحية، إلى مناطق جديدة، أو إلى خلل في حلقة تكاثر هذه الكائنات الحية، مما يسبب تناقصا في أعدادها، وبالتالي زيادة في كثافة النباتات التي كانت تتغذى عليها هذه الكائنات الحية. وهذه الزيادة في كثافة النباتات، تؤدي إلى زيادة الخلل في لتوازن الحيوي في هذه البيئة المائية، عن طريق حجب جزء من الأشعة الشمسية عن النباتات والحيوانات، التي تعيش إلى الأسفل من هذه النباتات.

### مصادر التلوث الحراري:

مصادر رئيسية: مثل صناعات الطاقة الكهربائية بنوعها النووي والحراري.  
مصادر ثانوية: مثل صناعة الحديد والصلب-صناعة الورق - مصافي تكرير النفط وغيرها.

### أولاً: المصادر الرئيسية للتلوث الحراري:

- محطات توليد الطاقة الكهربائية:

إن عملية توليد أو إنتاج الطاقة الكهربائية في الحقيقة هي عملية تحويل الطاقة من شكل إلى آخر حسب مصادر الطاقة المتوفرة في مراكز الطلب على الطاقة الكهربائية وحسب الكميات المطلوبة لهذه الطاقة، الأمر الذي يحدد أنواع



محطات التوليد وكذلك أنواع الاستهلاك وأنواع الوقود ومصادره كلها تؤثر في تحديد نوع المحطة ومكانها وطاققتها.

أنواع محطات التوليد:

- (1) محطات التوليد البخارية.
- (2) محطات التوليد النووية.
- (3) محطات التوليد المائية.
- (4) محطات التوليد من المد والجزر.
- (5) محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي (بازل - غازية).
- (6) محطات التوليد بواسطة الرياح.
- (7) محطات التوليد بالطاقة الشمسية.

تنشأ هذه المحطات على مقربة من الموارد المائية وذلك لعظم كميات المياه التي تحتاجها هذه المحطات للتبريد. ويتم استخدام مياه البحر بجميع المبادلات الحرارية لغرض تكثيف البخار بالمحطات البخارية ولأغراض التبريد بالمحطات البخارية والغازية وتكتسب هذه المياه الداخلة في عملية التبريد درجة حرارة عالية عند خروجها وتصرف إلى البحر وهذا يسبب ظاهرة التلوث الحراري لمياه البحر حيث يبلغ معدل المياه المستعملة في عمليات التبريد في دولة متوسطة مثل ليبيا حوالي 4،800،000 متر مكعب/يوم.

غالبًا ما تكون الكفاءة الحرارية لمحطات الطاقة النووية أقل من تلك التي تستخدم الوقود الأحفوري وعليه فإن الحرارة المتبددة في مياه التبريد من هذه المحطات ستكون كبيرة ويرجع انخفاض كفاءة المحطات النووية إلى سببين رئيسيين: الكفاءة في التوليد والأمر الآخر يتعلق بمحطات الوقود الأحفوري حيث يتم طرح جزء من هذه الحرارة إلى الجو عن طريق المداخن في حين يتعذر ذلك في المحطات النووية لاعتبارات بيئية وحرصًا من التسرب الإشعاعي وبسبب هذين

العاملين فإن محطة توليد الطاقة الكهربائية النووية تطرح 50% من الطاقة الحرارية إلى الموارد المائية أكثر من نظيرتها التي تستخدم الوقود الأحفوري.

وللتغلب على هذه المشكلة وضعت بعض الدول قوانين خاصة تلزم هذه المحطات بتبريد المياه الساخنة قبل إلقائها في البحار أو البحيرات كما أن بعض المحطات أنشأت لها بحيرات صناعية تستخدمها لأغراض التبريد.

### 3-1-5-3. التلوث بالنفط ومشتقاته

أصبحت مياه وقاع البحار والمحيطات مستودع لملوثات ونفايات العالم الصلبة والسائلة وكذلك الغازية (بعد ذوبانها في مياه الأمطار والمحيطات)، ويعد التلوث البترولي للبحار والمحيطات من أشد أنواع التلوث للبيئة المائية.

يعرف النفط أو البترول بأنه مخلوط مركب من الهيدروكربونات، يوجد في الأرض في الصور الصلبة والسائلة والغازية، ولكن المصطلح يطلق عادة على الصورة السائلة والتي تسمى بالزيت الخام، دون الغاز الطبيعي، أو الصورة اللزجة، أو الصورة الصلبة المعروفة بالبيتومين أو الأسفلت.

أصبحت البتروكيماويات المشتقة من البترول مصدر كثير من المنتجات الكيميائية، كالمذيبات ومواد الطلاء والبلاستيك والمطاط الصناعي والالياف الصناعية والصابون والمنظفات والشمع، والمتفجرات والأسمدة.

تشكل المركبات الهيدروكربونية النسبة العظمى من الملوثات الموجودة في مياه الصرف الناتجة عن الصناعات البترولية، ويضاف لها بعض المركبات الأخرى منها: المركبات العضوية (كحمض السلفونيك) - والمركبات الكبريتية - وأملاح الصوديوم.

وفيما يلي نورد أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلوث الماء بالنفط:

• حوادث ناقلات النفط الغير متعمدة.

• تفريغ مياه التوازن التي تعبأ بها الناقلات وهي فارغة.

- تسرب النفط اثناء تحميل وتفريغ الناقلات.
  - تسرب النفط نتيجة كسر الانابيب والخزانات النفطية.
  - النفط المتسرب نتيجة الحفر في قيعان البحار وما يصاحبها من حوادث.
  - طرح مخلفات مصافي النفط ومعامل التكرير الشاطئية ومصانع البتروكيماويات.
  - الهجوم علي المنشآت النفطية والناقلات اثناء الحروب.
  - النفايات والمخلفات النفطية التي تلقىها ناقلات النفط.
- ويمكن تصنيف أسباب التلوث النفطي للماء إلى حوادث متعمدة وغير متعمدة.
- التلوث غير المتعمد:** ويشمل حوادث الناقلات وحوادث انفجار الأنابيب النفطية.
- فعلى سبيل المثال ما يلي:
- حادث ناقلة النفط اليونانية بوتيانا قرب دبي.
  - حادث الناقلة تشيري دياك غرب جزيرة داس في الإمارات.
  - انفجار أحد الحقول النفطية البحرية السعودية في نوفمبر عام 1981 والذي نجم عنه تدفق حوالي 80 ألف برميل وكونت بقعة زيتية بلغ طولها 95 كم وصلت الشواطئ القطرية والبحرينية.
  - حادث انفجار أنابيب النفط في الاحدي (الكويت) عام 1982.
- التلوث المتعمد:** ويشمل إلقاء المخلفات النفطية من صهاريج النفط ونفايات محطات تكرير النفط.
- (1) إلقاء المخلفات النفطية من صهاريج النفط:
- تقوم صهاريج نقل النفط، بعد تفريغها لحمولتها من النفط، بملئ حوالي 30% من سعة الصهريج بماء البحر، من أجل حفظ توازن الناقلة، اثناء رحلة العودة إلى ميناء الشحن. ونظرا لأنه لا يمكن تفريغ كامل حمولة الصهريج من النفط، بنسبة 100% في ميناء التفريغ، فإنه يتبقى في هذه الصهاريج ما يقارب 1-1.5% من

حمولتها الأصلية من النفط. وهذا القدر المتبقي من النفط في الصهريج بعد تفريغ الحمولة، يختلط مع الماء، الذي وضع في الصهريج من أجل حفظ التوازن أثناء رحلة العودة، ومن ثم يلقى في البحر، عندما يفرغ ماء التوازن عند ميناء الشحن. وعند الأخذ بالحسبان العدد الكبير لصهاريج نقل النفط، التي تفعل ذلك كل يوم، يتضح لنا مدى خطورة هذا النوع من تلوث مياه البحر بالنفط، في مناطق شحن النفط.

## (2) نفايات محطات تكرير النفط:

تعد محطات تكرير النفط من أهم مصادر تلوث المياه بالنفط، إذ تقدر كمية النفط الملقاة في البحر الأبيض المتوسط وحده، من خمسين محطة تكرير فقط، بحوالي 20 ألف طن من النفط سنوياً.

ومن أمثلة هذا النوع من التلوث المتعمد ذلك ما يلي:

- تسرب النفط من حقول نوروز البحرية عام 1983.
- تسرب النفط من حقول الاحمدي نتيجة حرب 1991، وأدى هذا التسرب إلى حدوث دمار بيئي كبير أثر على الشواطئ الجنوبية للكويت والساحل السعودي بما تتضمن هذه السواحل من بيئات إيكولوجية هامة مثل الشعاب المرجانية وتجمعات الطيور والثروة السمكية.

## 3-5-1-4. التلوث المائي بالمواد المشعة

يمكن أن يكون هذا النوع من التلوث طبيعياً أو من صنع الإنسان. تنتج الملوثات من المعامل والمستشفيات ومن مناجم اليورانيوم أو قد تصدر من نظائر مشعة تحدث طبيعياً في الماء مثل الرادون. يتراكم الإشعاع في الجسم ويكون الأطفال أكثر عرضة وحساسية للتأثيرات الصادرة عن هذا الإشعاع. يسبب الإشعاع الإصابة بالسرطان وعند حصوله بمستويات عالية يؤدي إلى الوفاة.



## المصادر الطبيعية للمواد المشعة:

تشمل المصادر الطبيعية ما يلي:

- الأشعة الكونية
- الإشعاعات الناتجة من التربة
- المواد المشعة الموجودة في الطعام وداخل جسم الإنسان.

## الإشعاعات المستخدمة او الاصطناعية:

- ◇ الإشعاعات المستخدمة في مجال العلوم الصحية
- ◇ المفاعلات النووية
- ◇ الأسلحة النووية
- ◇ مصادر أخرى

## خطورة المواد المشعة:

ترجع خطورة التلوث الإشعاعي الي الآثار السيئة للإشعاع في كونه يتراكم حيويًا داخل اجسام الكائنات المائية، الي ان يصل تركيزها فيها الي مستويات عالية. وتصل في النهاية للإنسان عبر السلاسل الغذائية، مسببة له اخطر الامراض، هذا بالإضافة الي تأثيرها المباشر علي الحياه المائية.

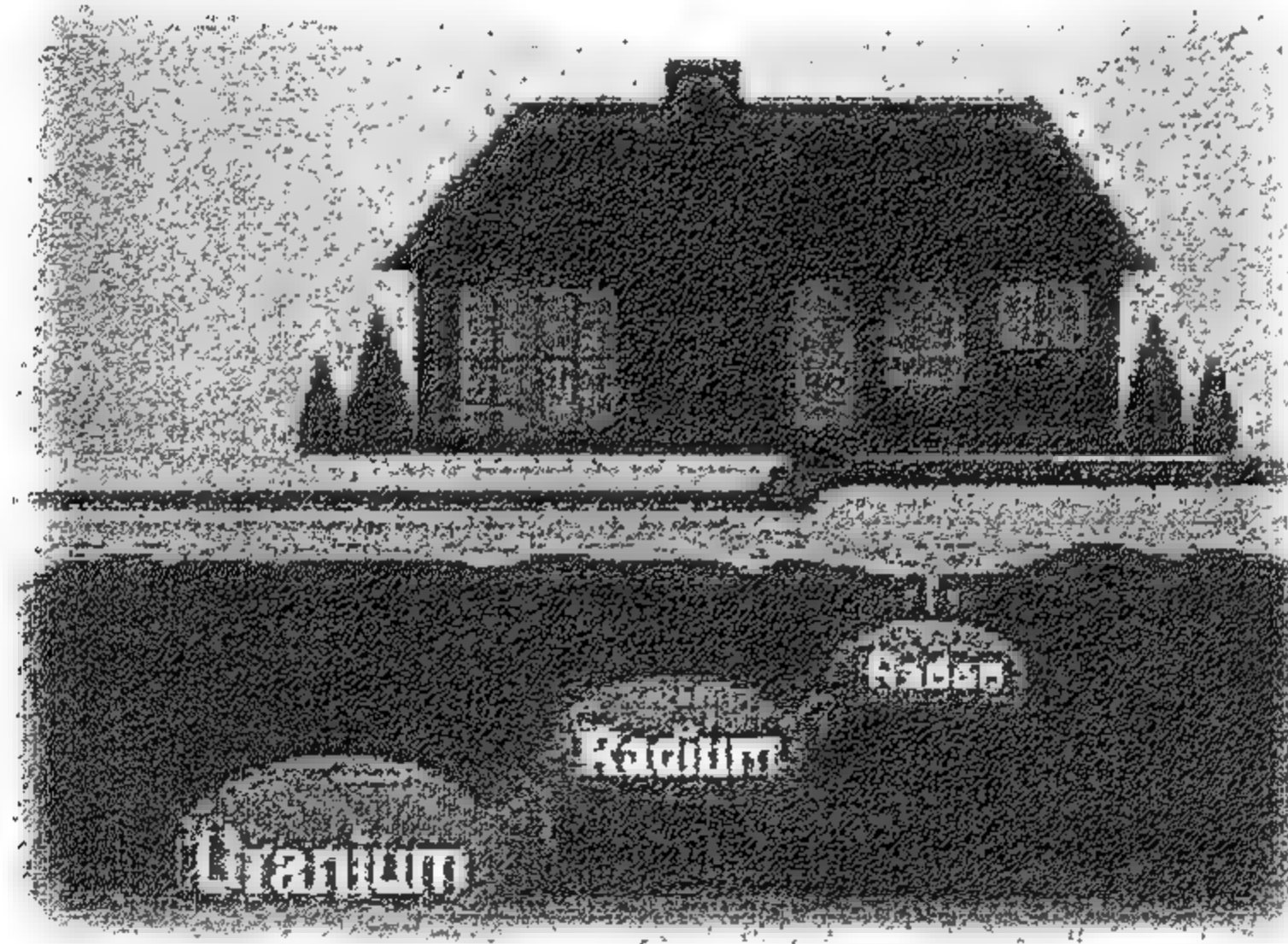
وعندما تصل المواد المشعة الي جسم الإنسان فأنها تتراكم وتستقر باعضاء معينة فيه، وتختلف كمية الإشعاع من عضو لآخر بجسم الإنسان، فمثلا تزداد كمية الإشعاعات الطبيعية في الرئة عنها في نخاع العظام، وتجدر الاشاره إلى أن رئات المدخنين تحتوي على قدر اكبر من المواد المشعة وذلك بالمقارنة برئات غير المدخنين، ويعتبر ارتفاع نسبة المواد المشعة في رئة المدخن من أهم أسباب الإصابة بسرطان الرئة.

## تلوث الهواء والمياه بالرادون:

الرادون هو أحد العناصر النبيلة، رمزه الكيميائي Rn، وعدده الذري 86، وهو غاز مشع عديم اللون والطعم والرائحة، سريع الحركة. وهو أحد نواتج عملية التحلل الإشعاعي لليورانيوم، إذ يبلغ عمر النصف لليورانيوم 4.5 بليون سنة، فيما يبلغ عمر النصف للرادون 3.8 يوم. يطلق 2 جسيمات ألفا ويتحول إلى البولونيوم وكذلك البولومنيوم يتحول إلى رصاص بعد إطلاقه 2 ألفا.

يدخل الرادون إلى الرئة عن طريق استنشاق الهواء الملوث أو الاستحمام بالماء الملوث بالرادون وخاصة مياه الآبار والمياه الراكدة.

تصاحب عملية تحلل الرادون إطلاق جسيمات ألفا التي تصيب الرئة وتؤدي في نهاية المطاف إلى سرطانتها.



صورة تبين تحلل اليورانيوم إلى الراديوم والرادون

## مياه الفضلات المشعة:

تتعدى عملية التنقية الذاتية أو الطبيعية لمياه الفضلات المشعة، حيث يمكن أن تمتص جذور النباتات والكائنات الحية النباتية هذه المياه وبالتالي تتراكم الملوثات الإشعاعية داخل هذه الكائنات الحية.

وغالباً لا يتم طرح المياه المحتوية على مواد مشعة إلى المسطحات المائية، فعادةً يتم تركيز هذه المياه ثم توضع في عبوات خرسانية ثم تدفن على أعماق

بعيدة داخل الارض قي الطبقات الصخرية الملحية لان هذه الصخور عادة لاتحتوي علي مياه جوفية يخشي تلوثها بالمواد المشعة، ويراعي ان يكون موقع الدفن بعيدا عن التجمعات السكانية. والاماكن الاكثر ملائمة للدفن العميق هي المناجم المهجورة والبعيدة عن السكان والمياه الجوفية. وتعد طريقة الدفن مكلفة نسبيا، ويمكن استعمال طريقة التركيز او التخفيف ثم التخزين في ازالة المواد المشعة من المياه. وطرق تركيز المياه تشمل:

التبادل الايوني، والترسيب الكيميائي، والترسيب بالجاذبية، والترشيح والفصل البيولوجي والتبخير، والحرق ، ثم تخزين المادة المشعة المركزة. وقد تتم معالجة المياه لازالة المواد المشعة منها فالترشيح يزيل فقط المواد المشعة المتحددة مع المواد العالقة. والمعالجة الكيميائية القلوية بالصودا الكاوية تزيل معظم المواد المشعة، ويعد التقطير من اكثر الطرق فعالية لازالة المواد المشعة من الماء. وملخص عمليات المعالجة يتم كالآتي:

تمرر النفايات علي حوض ترسيب اولي حيث يتم ترسيب جزء منها باضافة مادة معينة تساعد علي الترسيب (ترسيب فيزيائي).

ثم تذهب الي حوض ترسيب ثاني حيث يتم ترسيب جزء اخر باضافة املاح الباريوم واطافة مواد قلوية لضبط الاس الهيدروجيني لاتمام عملية الترسيب.

وهناك وهناك حوض ترسيب ثالث يضاف اليه بعض البوليمرات التي تساعد علي الترقيد والترسيب الكيميائي.

وتمر المياه بعد ذلك الي خرطوشة ترشيح ليتم حجز وترشيح مواد اكثر دقة وتخرج المياه المعالجة بعد ذلك لصرفها او اعادة استعمالها.

### 3-5-1-5. التلوث المائي بالمبيدات

المبيد، أي مادة أو خليط من المواد يكون الغرض منه الوقاية من أية آفة أو القضاء عليها أو مكافحتها، بما في ذلك ناقلات الأمراض للإنسان أو الحيوان، وأنواع النبات أو الحيوان غير المرغوبة والتي تحدث ضررا أو تتدخل بأي شكل أثناء إنتاج الأغذية أو المنتجات الزراعية أو الأخشاب أو المصنوعات الخشبية أو الأعلاف، أو أثناء تصنيعها و تخزينها ونقلها وتسويقها، وكذلك أي مادة تعطى للحيوانات لمكافحة الحشرات أو العناكب أو غيرها من الآفات الموجودة في الحيوانات أو على أجسامها. ويشمل هذا التعبير المواد التي تستخدم لتنظيم نمو النبات أو إسقاط أوراقه أو تجفيفه أو تخفيف أشجار الفاكهة أو لوقاية الفاكهة من السقوط قبل أو أنها، وكذلك المواد التي تستعمل في المحاصيل، سواء قبل حصادها أو بعده، لوقاية المحصول من التدهور أثناء التخزين أو النقل.

ومن المعروف ان المبيدات هي مواد كيميائية سامة يجب تداولها بحرص وهي كلمة عامة تعني الإبادة.

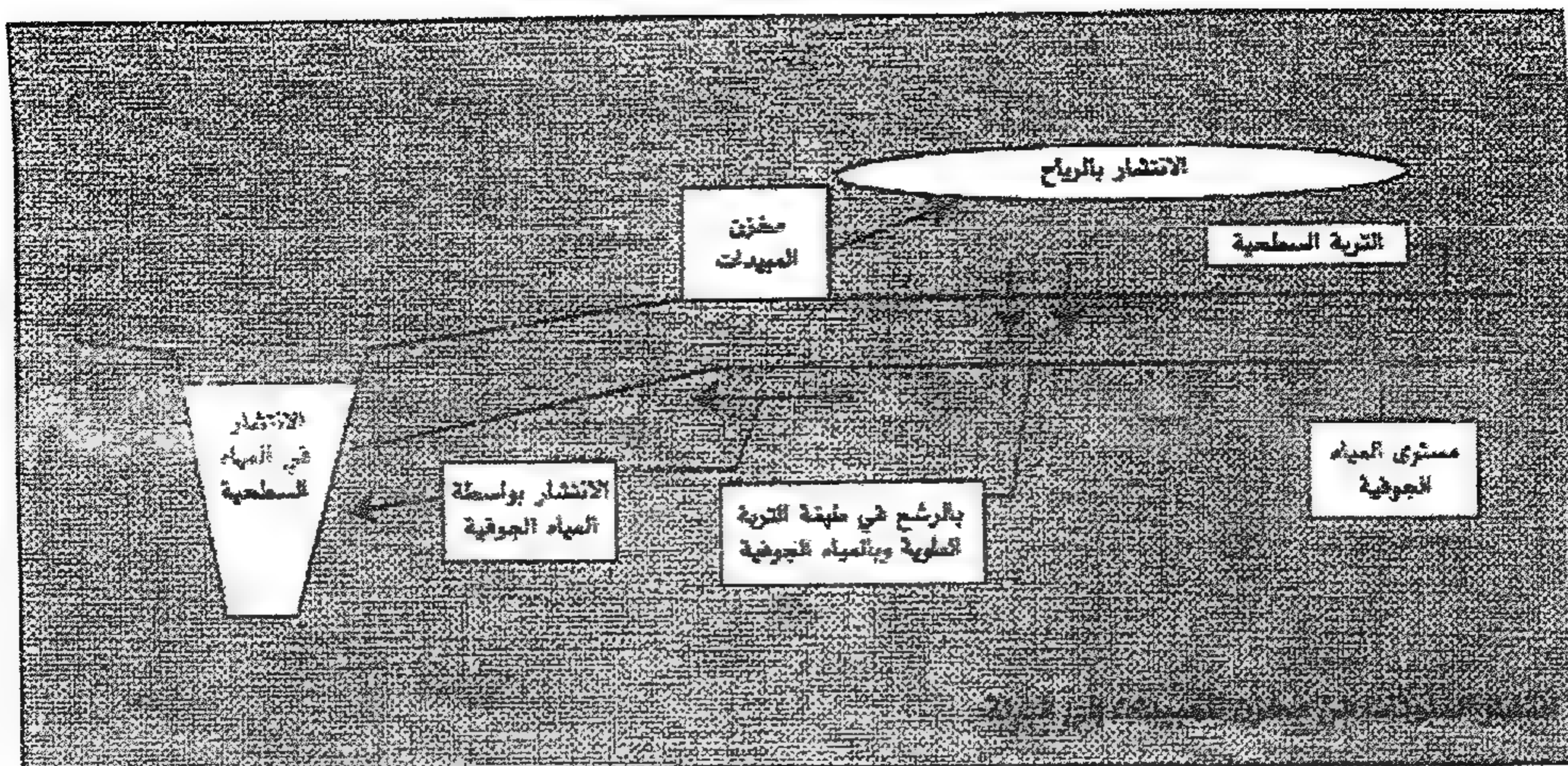
تنقسم هذه المبيدات من حيث استقرارها في مكان التلوث إلى:

● مبيدات تستقر في مكان التلوث لفترة طويلة.

● مبيدات تستقر لفترة متوسطة.

● مركبات لا تستقر في التربة والماء.





منظمة الاغذية والزراعة للأمم المتحدة - بنك المعلومات الزراعية

## اضرار المبيدات علي البيئة والإنسان

يمكن اجمال اضرار المبيدات علي البيئة والإنسان في النقاط الاتية:

1. تلوث الماء والهواء والتربة.
2. ثبات المبيدات مدة طويلة بالبيئة.
3. اكتساب الافات مقاومة ضد المبيدات.
4. الاضرار بالكائنات الحية المفيدة للتربة.
5. قتل وتسميم جماعي للطيور والاسماك.
6. التأثير السلبي علي التنوع الحيوي للحيوانات والنباتات.
7. التراكم الحيوي: حيث تتراكم المبيدات داخل الكائنات ويزداد معدل التراكم كلما ارتفعنا في سلم الهرم الغذائي.
8. تسمم الغذاء بمتبقيات المبيدات مما يزيد من محيط الخطورة.
9. التأثيرا طويلة الامد علي الصحة البشرية.
10. امتداد خطورة المبيدات علي الاجنة داخل أرحام الامهات.

11. وتبين أن المبيدات الحشرية الكيماوية تتسبب في قتل الكثير من الأحياء الدقيقة التي تستوطن التربة، والتي تسهم في تحليل المواد العضوية والمخلفات النباتية التي ينتج عنها العناصر الحية المكونة للتربة الزراعية، فإن الكائنات الحية الدقيقة لها دورها المهم في التوازن الطبيعي للبيئة، فهي تسهم في تنقية الماء في كثير من عوامل التلوث، ذلك لأنها تساعد على الحفاظ على نسبة الاوكسجين الذائب في الماء.

### 3-5-1-6. التلوث بالاسمدة والمخصبات الزراعية

تزايد الطلب علي الغذاء في جميع انحاء العالم نتيجة الزيادة السكانية الهائلة، مما دفع المزارعين الي استخدام انواع مختلفة من المخصبات الزراعية (مثل الأسمدة الفوسفاتية والأسمدة الازوتية وغيرها) لزيادة خصوبة التربة المتاحة لهم وزيادة انتاجها من المحاصيل المختلفة والتي يعتمد عليها الإنسان في حياته، وعند استخدام تلك المخصبات الزراعية بطريقة غير محسوبة فان جزء كبير منها قد يتبقى في التربة مسببا تلوثا لها، وهذا الجزء المتبقى يكون زائدا عن حاجة النبات وهو يعد اسرافا ليس له مبرر من الناحية الاقتصادية.

والتربة الملوثة ببقايا المخصبات الزراعية تسبب كثيرا من الاضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة، فعند ري التربة المحتوية علي قدر زائد من المخصبات الزراعية فان جزء منه يذوب في مياه الري. ويتم غسله من التربة بمرور الوقت حتي يصل في نهاية الامر الي المياه الجوفية في باطن الأرض ويرفع بذلك مسبة كل من مركبات الفوسفات والنترات في هذه المياه، كما تقوم مياه الأمطار بحمل ما تبقي في التربة من هذه المركبات، ويشارك بذلك كل من مياه الصرف الزراعية والمياه الجوفية ومياه الأمطار في نقل هذه المخصبات التي تبتقت في التربة الي المجاري المائية المجاورة للأرض الزراعية مثل الأنهار والبحيرات.



ويمكن تصنيف الأسمدة إلى مجموعتين، الأسمدة الطبيعية والأسمدة الاصطناعية. وتتضمن الأسمدة الاصطناعية أنواعاً مختلفة طبقاً لتركيباتها الكيميائية، الحالة الفيزيائية ودرجة ذوبانها في الماء. ويتم تقسيم الأسمدة طبقاً للتركيبية الكيميائية إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما يلي:

● الأسمدة الفوسفاتية وتحتوى على الفوسفور كعنصر أساسى يعبر عنها بالرمز  $P_2O_5\%$ .

● الأسمدة النيتروجينية (الآزوتية) وتحتوى على النيتروجين كعنصر أساسى ويعبر عنها بـ  $N_2\%$ .

● الأسمدة البوتاسيومية وتحتوى على البوتاسيوم كعنصر أساسى ويعبر عنها بـ  $K_2O$ .

وبالإضافة إلى الأسمدة الأحادية التى تحتوى على مغذٍ وحيد (النيتروجين أو الفسفور أو البوتاسيوم، هناك أسمدة مركبة تحتوى على اثنين أو ثلاثة من المغذيات النباتية الرئيسية (النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم). وتتوافر أنواع كثيرة جداً من الأسمدة المركبة طبقاً لمحتوياتها من المغذيات. ويتم كذلك إنتاج الأسمدة السائلة فى جميع أنحاء العالم بما فى ذلك مئات الأشكال التى تحوى مغذٍ أو أكثر مع نسبة ضئيلة من عناصر أخرى.

وتعد مركبات الفوسفات من أهم المركبات التى تلوث مياه المجارى المائية وتؤدي زيادة نسبتها الى الاضرار بحياه كثير من الكائنات الحية التى تعيش فى تلك المجارى المائية ومن الاضرار التى تسببها المخصبات الزراعية الفوسفاتية الزائدة عن حاجة النبات ما يلي:

1- عندما تنساب كميات كبيرة من المركبات الفوسفاتية إلى أنظمة المياه حيث تعمل على تحفيز النمو الزائد للطحالب،، اي زيادة في نمو الطحالب وتكاثرها، إلى حد لا تستطيع الحيوانات الصغيرة وغيرها في البحيرة استهلاك هذه

الكميات من الطحالب، ما يجعل قدر كبير من هذه الطحالب يموت ويرسب في قاع البحيرة، ليتم تحلله هناك.

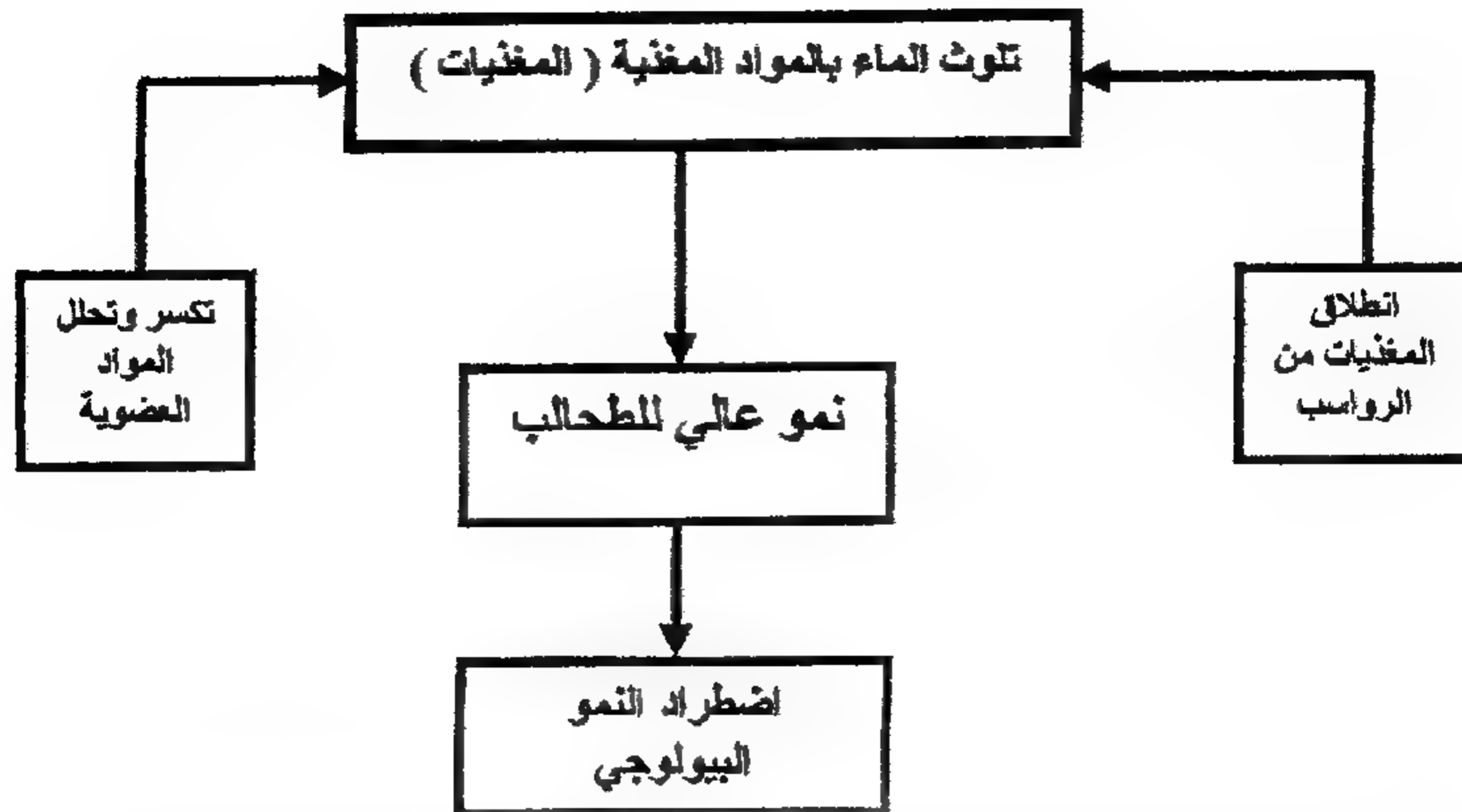
ويتطلب تحلل بقايا الطحالب المترسبة في قاع البحيرة نسبة عالية من الأكسجين المذاب في الماء. ويتم هذه الطلب الزائد على الأكسجين المذاب في الماء على حساب احتياجات الحيوانات المائية في البحيرة، ما يجبر هذه الحيوانات للهجرة من البحيرة التي تدنت فيها نسبة الأكسجين المذاب.

وكما اختفت أو هاجرت الحيوانات من البحيرة، ازداد نمو وتكاثر الطحالب، بسبب عدم وجود من يستهلكها. وبهذه الطريقة يتسارع تكاثر الطحالب في البحيرة وهجرة الحيوانات منها، ما يسبب انقطاعاً في السلسلة الغذائية لنظام البحيرة. ويعرف هذا الخلل في النظام البيئي علمياً، باسم اضطراب النمو البيولوجي Eutrophication. ونتيجة لموت معظم الكائنات الحية داخل البحيرة تتحول البحيرة الي مستنقع ويقتصر النشاط الحيوي به علي الكائنات الدقيقة اللاهوائية.

2- ان الكميات الزائدة من المخصبات المحتوية علي الفوسفات قد تؤدي الي ترسيب بعض الفلزات النادرة التي توجد في التربة الزراعية والتي يحتاجها النبات في نموه وتحويلها الي مواد لاتذوب في الماء، ويترتب علي ذلك ان مثل هذ الفلزات الهامة تصبح بعيدة عن متناول جذور النباتات، مما يؤدي في نهاية الامر الي بعض النقص في نمو النبات.

ومثال لذلك فقد ادي الاسراف في استخدام المركبات الفوسفاتية في احد الحقول الي ترسيب اثار فلز النحاس الموجودة في التربة (والتي تقدر عادة بعدة اجزاء من المليون) وترتب علي ذلك ان ثمار الطماطم التي نمت في هذا الحقل جاءت خالية من الصبغة الحمراء المميزة لها (لنقص عنصر النحاس) واصبح لونها مائلا للصفرة.





شكل 3-6 مخطط يبين تأثير تلوث الماء بالمغذيات علي النظام البيئي

### 3-5-1-7. التلوث بالمخلفات البشرية السائلة (مياه الصرف)

تعتبر مياه الصرف الصحي (المجاري) واحدة من أخطر الملوثات للبيئة المائية وذلك لتسببها لكثير من المشاكل الخطرة علي الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، لأن أغلب هذه الدول ليس لديها شبكة صرف صحي متكاملة، بل في بعض المدن الكبيرة لا توجد شبكة صرف صحي وأكبر مثال علي ذلك مدينة جدة. والمشكلة الكبرى عندما تلقى المدن الساحلية مياه الصرف الصحي في البحار دون معالجة مسببة بذلك مشكلة صحية خطيرة. كما أن استخدام الحفر الامتصاصية في الأماكن التي لا يتوفر فيها شبكة صرف صحي له أضراره علي الصحة العامة خاصة إذا تركت مكشوفة أو ألقيت مخلفاتها في الأماكن القريبة من المساكن حيث يتوالد البعوض والذباب مما يسبب الكثير من الأمراض بالإضافة إلي استخدام المبيدات المنزلية التي لها أضرارها علي صحة الإنسان.

تحتوي مياه المجاري علي كمية كبيرة من المواد العضوية وأعداد هائلة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية. وعند وصولها إلي المياه السطحية، تعمل الكائنات الدقيقة الهوائية علي استهلاك الاوكسجين لتحليل المواد العضوية مسببة نقصا في الاوكسجين مما يؤدي إلي اختناق الكائنات الحية التي تعيش في البحر

وموتها. عند موتها تبدأ البكتريا او الكائنات الدقيقة اللاهوائية بتحليلها محدثة تعفن وفسادا آخر إلى السابق.

تتوقف درجة فساد المياه السطحية وصلاحياتها للاستعمال علي عدة عوامل منها:

1. سرعة تيار الماء في المجري المائي
2. كمية الاوكسجين الذائب في الماء
3. السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتريا تحليل هذه الشوائب والفضلات
4. مدي حجم الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المسطح المائي البحر ونوعيتها.

#### التنقية الذاتية للمجري المائية:

تشمل المجري المائية الأنهار والبحار والبحيرات العذبة، وتتعرض الأنهار والمسطحات المائية عموما الي التلوث الشديد بسبب تصريف المخلفات السائلة بها بطريقة غير قانونية وغير امنة، فهي الوسيلة الأرخص والأسهل رغم وجود القوانين التي تحرم صرف المخلفات بدون معالجة، وتحليل مياه النهر عند نقطة معينة يعطي صورة واضحة لخصائص المياه، وتقدير نسبة وتركيز الأكسجين الذائب في النهر يعطي تصور مبدئي لنوعية المياه وقدرة النهر علي استيعاب المخلفات السائلة، ومن المعروف ان درجة تشبع المياه بالأكسجين هي 9 مجم / لتر عند درجة 20 مئوية وضغط 1013 ملي بار، وتبلغ 8.4 مجم /لتر عند 25 مئوية. فإذا كان تركيز الأكسجين الذائب في النهر اقل من نصف درجة التشبع كان ذلك دلالة علي تلوث المياه بدرجة كبيرة، حيث يجب ان تكون درجة تركيز الأكسجين أكبر من 75% من درجة التشبع حتي يمكن للنهر استيعاب مخلفات جديدة.

### 3-5-1-8. التلوث بالمخلفات الصناعية السائلة (مياه الصرف الصناعي)

تعرف المخلفات الصناعية السائلة بأنها المخلفات الناتجة عن النشاط الصناعي والخارجة من عمليات التصنيع المختلفة والتي تكون في صورة سائلة وتحتوي معظم هذه المخلفات علي نسبة كبيرة من المياه وقليل من المواد الصلبة الذائبة وغير الذائبة.

تساهم كثير من الصناعات (مثل صناعات التعدين والورق والنسيج والصباغة وغيرها) في انتاج قدر كبير من المخلفات الصناعية السائلة، ويزداد حجم هذه المخلفات في الدول الصناعية الكبرى ومع التقدم الصناعي لكثير من دول العالم وازدياد عدد المنشآت الصناعية في معظم دول العالم النامي والمتقدم، ظهرت مشكلة التخلص من المخلفات الصناعية السائلة الناتجة عن النشاط الصناعي، واتجهت كثير من الشركات الصناعية الي التخلص من مخلفاتها السائلة بصرفها الي المجاري العمومية والتي قد تصرف مياهها المعالجة علي المسطحات المائية المختلفة ومن ثم فأنها تصل مرة اخري للبيئة المائية، وعندما تخلو هذه المياه من المواد السامة الضارة فإنه يمكن مباشرة القاؤها مباشرة في المجاري المائية دون الحاجة الي معالجتها ومثال لذلك: المياه المستخدمة في تبريد الأجهزة الصناعية وهي مياه لا تحتوي الا علي قدر صغير من الشوائب ولا يخشي منها في احداث تلوث بالمجاري المائية، ولكن في اغلب الاحيان فان الامر يحتاج الي معالجة مياه الصرف الصناعي لاحتوائها علي كثير من المواد الكيميائية الضارة بالبيئة المائية وبصحة الإنسان.

وتقدر المواد الكيميائية المعروفة حتي الان والتي تتواجد في مياه الصرف الصناعي باكثر من 70000 مادة كيميائية منها اكثر من 40000 مادة يمكن اعتبارها من المواد الضارة بالبيئة، فمنها ما هو شديد السمية، ومنها ما يمثل خطورة علي الاطفال والسيدات الحوامل ومنها ما يسبب السرطان.

ومياه الصرف الصناعية يختلف وضعها من صناعة لأخرى نتيجة لاختلاف المواد الأولية اللازمة للصناعة والمواد الناتجة أو المصنعة.

### 3-5-1-9. التلوث المائي بالكائنات الممرضة

وينتج هذا التلوث عن ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات والديدان في المياه. وتنتج هذه الملوثات، في الغالب، عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء، بطريق مباشر عن طريق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة، أو المالحة، أو عن طريق غير مباشر عن طريق اختلاطها بماء صرف صحي أو زراعي.

كما وإن نمو الجراثيم والطفيليات والأحياء الدقيقة في المياه يقلل من قيمة الماء كمصدر للشرب أو ري للمحاصيل الزراعية أو حتى للسباحة والترفيه وما أشبه ذلك أو قلة الضوء الذي يعدّ ضرورياً بالنسبة إلى نمو الأحياء النباتية المائية كالطحالب والعوالق. بالإضافة إلى أن الطحالب تكون من طعام الإنسان.

ويؤدي وجود هذا النوع من التلوث، إلى الإصابة بالعديد من الأمراض. لذا، يجب عدم استخدام هذه المياه في الاغتسال أو في الشرب، إلا بعد تعريضها للمعاملة بالمعقمات المختلفة، مثل الكلور والترشيح بالمرشحات الميكانيكية.

ومن أهم الأسباب التي تؤدي إلى انتشار وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في المياه الملوثة هو صرف مخلفات المستشفيات والمراكز الطبية والعلاجية إلى شبكة المجاري العامة دون تعقيم أو تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي إلى انتشار الأمراض المعدية التي تكون المياه الملوثة ناقلة لها.

والجدول التالي يحتوي على قائمة بالأمراض التي تسببها الكائنات الممرضة التي يمكن أن تتواجد في المياه الملوثة بمخلفات الصرف الصحي والصناعي.



### جدول 3-7

قائمة الامراض التي تسببها الكائنات الحية الدقيقة الممرضة والمتواجدة في مياه الصرف الصحي

Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage Type	Disease or syndrome caused
BACTERIA	
Aeromonas hydrophila	Enteritis (inflammation of the intestine)
Campylobacter	diarrhea, Enteritis
Clostridium perfringens	Enteritis (indicator)
Escherichia coli	diarrhea, Enteritis
Francisella tularensis	Tularemia
Leptospira	meningitis, Jaundice
Listeria monocytogenes	Listeriosis
Mycobacterium	skin, Tuberculosis
Pseudomonas	ear infections, Skin
Salmonella (1700 types)	typhoid, Enteritis
Shigella (4 species)	diarrhea, Enteritis
Staphylococcus aureus	Skin infections
Vibrio cholerae and	skin infections, Cholera
Yersinia enterocolitica	Enteritis

<b>Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage</b> <b>Type</b>	<b>Disease or syndrome caused</b>
<b>HELMINTHS</b>	
Ascaris lumbricoides	Ascariasis
Ancylostoma duodenale	Hookworm infections
Trichuris trichiura	Trichiuriasis
Taenia	Taeniasis
Toxocara	Abdominal pains
Strongyloides	Abdominal pains
<b>PROTOZOANS</b>	
Entamoeba histolytica	• chronic diarrhea • Enteritis
and coli	liver abscess • dysentery
Giardia lamblia	enteritis • Giardiasis
Cryptosporidium	diarrhea • Enteritis
Ballantidium coli	diarrhea • Enteritis
Naegleria fowleri	Meningoencephalitis
• Acanthamoeba spp	Meningoencephalitis
<b>VIRUSES</b>	
Polioviruses (3 types)	meningitis • Paralysis
Echoviruses (34 types)	diarrhea • Meningitis

<b>Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage Type</b>	<b>Disease or syndrome caused</b>
Coxsackieviruses A and	chronic fatigue , conjunctivitis,Meningitis
Hepatitis A and E	Epidemic hepatitis
Enteroviruses 68-71	conjunctivitis,Meningitis
Rotaviruses (+4 types)	Enteritis
Reoviruses (3 types)	respiratory,Enteritis
Adenoviruses (+40	eye and respiratory,Enteritis
Norwalk and like	Gastroenteritis
Caliciviruses and	Enteritis
Coronaviruses	Enteritis
Parvoviruses (2 types)	respiratory in children,Enteritis

### 3-6. التحكم في تلوث الماء

لقد كانت العمليات الطبيعية التي تحدث في البيئة كافية للتحكم في تلوث الماء كالنتقية الذاتية للأنهار والبحيرات الا أنه مع الزيادة الحادة المطردة في مصادر التلوث وكميته، وتنوع الملوثات التي تلقي في المسطحات المائية، لم تعد العمليات الطبيعية كافية لتنقية الماء. وكان لا بد من تدخل الإنسان للحد من هذه الملوثات الضارة. مما دفع العلماء الي البحث عن طرق ووسائل تكفل التقليل من حجم الملوثات الملقاة، والتحكم في نوعية بعضها، والسيطرة عليها والحد من تأثيراتها

ومن اهم الاساليب التي تقلل من الملوثات التي تصرف علي المسطحات المائية عي معالجة مياه الصرف بنوعيتها الصحي والصناعي.

### 3-6-1. أولا معالجة مياه الصرف الصحي (المخلفات البلدية)

تشمل معالجة المخلفات البلدية والتي تعرف بمياه الصرف الصحي مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية التي يتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة او تقليلها إلى درجة مقبولة، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية ذات التركيزات العالية مثل الفوسفور والنيتروجين في تلك المياه.

وتكمن الأهداف الرئيسية لمعالجة مياه الصرف الصحي في ما يلي:

- ◊ المحافظة علي المنشآت العمرانية وعلي التربة من خطر وجود المياه طافية
- ◊ وراكدة علي سطح الأرض.
- ◊ منع تلوث البيئة بالكائنات الدقيقة الممرضة كالبكتريا والفيروسات والجراثيم والمخلفات الضارة في مياه الصرف.
- ◊ منع تلوث المياه الجوفية.
- ◊ المحافظة علي مصادر المياه النقية من التلوث بمياه الصرف.
- ◊ استعمال المياه المعالجة في اغراض مختلفة.

ويمكن تقسيم تلك العمليات حسب درجة المعالجة إلى عمليات تمهيدية واولية وثانوية ومتقدمة، وتأتي عملية التطهير للقضاء على الأحياء الدقيقة في نهاية مراحل المعالجة وتتضمن هذه المراحل ما يلي:

#### 1. المعالجة التمهيدية:

تستخدم في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل وتقطيع الاجزاء الكبيرة الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع انسداد الأنابيب، وتتكون هذه الوسائل من منخل متسع الفتحات وأجهزة سحق وتحتوي هذه المرحلة أحيانا على أحواض اولية للتشبيع بالأكسجين، ومن خلال هذه العملية فإنه يمكن إزالة 5-10% من



المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 2-20 % من المواد العالقة. ولا تعد هذه النسب من الإزالة كافية الغرض إعادة استعمال المياه في أي نشاط.

## 2. المعالجة الأولية (الابتدائية):

الغرض من هذه المعالجة إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب. ويمكن في هذه المرحلة من المعالجة إزالة 35-50 % من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 50-70 % من المواد العالقة وحتى هذه الدرجة من المعالجة فإن الماء لا يزال غير صالح للاستعمال. وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية على أحواض للترسيب بالإضافة إلى المرافق الموجودة في وحدة المعالجة التمهيدية وربما تحتوي أيضا على وحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية إضافة إلى أجهزة لخلط تلك المواد مع المياه.

## 3- المعالجة الثانوية:

هذه المرحلة من المعالجة عبارة عن تحويل احيائي للمواد العضوية إلى كتل حيوية تزال فيما بعد عن طريق الترسيب في حوض الترسيب الثانوي، وهناك عدة أنواع من المعالجة الثانوية يمكن تقسيمها حسب سرعة تحليل المواد العضوية إلى:

- عمليات عالية المعدل: ومن أمثلتها عملية الحمأة المحفزة Activated sludge process والترشيح بالتقطيط Trickling filter والتلامس الحيوي دائري الحركة Rotating biological contactors.

- عمليات منخفضة المعدل: ومن أمثلتها البحيرات الضحلة ذات التهوية Aerated Lagoons وبرك الاستقرار Stabilization Ponds. ويمكن من خلال المعالجة الثانوية إزالة مايقرب 90 % من المواد القابلة للتحلل إضافة إلى 85 % من المواد العالقة.

## المعالجة المتقدمة:

يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ما نقي بدرجة عالية ويحتوي هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية سابقة الذكر ومن هذه الملوثات: النتروجين والفوسفور والمواد العضوية والمواد العالقة الصلبة الزائدة إضافة إلى المواد التي يصعب تحليلها بسهولة والمواد السامة وتتضمن هذه العمليات ما يلي:

### I. التثثر الكيميائي والترسيب: Chemical coagulation &

sedimentation التثثر الكيميائي عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيوكيميائي للجسيمات ينتج عنه تلاحقها مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمونيوم والكالسيوم والبوليمر.

### II. الترشيح الرملي: Sand Filtration: عبارة عن عملية تسمح بنفاذ الماء

خلال وسط رملي بسماكة لا تقل عن 50 سم ويتم من خلال هذه العملية إزالة معظم الجسيمات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لصغر حجمها إضافة إلى إزالة المواد الصلبة المتبقية بعد عملية التثثر الكيميائي كما أن هذه العملية ضرورية لتنقية المياه قبل معالجتها في عمليات لاحقة مثل الامتصاص الكربوني والتبادل الأيوني والتناضح العكسي.

### III. الامتصاص الكربوني: Carbon Adsorption: ويتم في هذه العملية

استخدام كربون منشط لإزالة المواد العضوية المذابة حيث يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكربوني ويتم من خلال الكربون المنشط امتصاص المواد العضوية المذابة الموجودة في مياه الفضلات. وبعد تشبع الوسط الكربوني يتم إعادة تنشيطه بواسطة الحرق أو استخدام مواد كيميائية.

IV. التبادل الأيوني Ion Exchange من خلال هذه العملية يتم إخلال أيونات معينة في الماء من مادة تبادل غير قابلة للذوبان بأيونات أخرى. وعملية التبادل الأيواني مشابهة لعملية الامتصاص الكربوني إلا أن الأولى تستعمل لأغراض إزالة المواد غير العضوية.

V. التناضح العكسي: Reverse Osmosis: يتم في هذه العملية ضخ الماء تحت ضغط عال من خلال غشاء رقيق ذو فتحات صغيرة جداً يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

#### 5- عملية التطهير:

التطهير هو قتل وتدمير الكائنات الممرضة، وتتم عملية التطهير من خلال حقن محلول الكلور إلى حوض التطهير حيث تتراوح الجرعة ما بين 5-10 مليجرام للتر الواحد وعادة ما تكون فترة التطهير لمدة 15 دقيقة كحد أدنى في حالة عدم استخدامها وفي حالات استخدام المياه في الأغراض الزراعية فإن مدة التطهير تصل إلى 120 دقيقة.

#### أستخدامات المياه المعالجة:

يمكن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في عدة أغراض سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، ويوضح شكل (2) أهم استعمالات تلك المياه. وبصفة عامة فإن نسبة إعادة استعمال المياه المعالجة من قبل القطاعات المختلفة تتمثل في الآتي:

1. أغراض زراعية 60 %
2. أغراض صناعية 30 %
3. أغراض أخرى كتغذية المياه الجوفية 10 %

وتشير بعض المعلومات المحدودة الخاصة بتكاليف معالجة مياه الصرف الصحي للأغراض الزراعية في بعض دول الشرق الأوسط إلى أن تكلفة المعالجة تتراوح ما بين ربع دولار إلى دولار للمتر المكعب.

## مزايا استعمال المياه المعالجة:

من محاسن استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة المحافظة على احتياطي المياه حيث أن استعمالها في الزراعة أو أي استعمالات أخرى بدلا عن المياه الصالحة للشرب يؤدي إلى توفير هذه المياه والتوسع في المساحات الزراعية لا نتاج محاصيل متنوعة وبسعر أقل كما يؤدي أيضا إلى التقليل من التكاليف المتعلقة بإنتاج واستيراد واستعمال الأسمدة بسبب وجود العناصر الضرورية للنبات في تلك المياه والتقليل من تكاليف الحصول على المياه في الزراعة خاصة إذا كانت مصادر تلك المياه جوفية.

## نقائص استعمال المياه المعالجة:

من مساوي استعمال مياه الصرف المعالجة أنها تسبب مشاكل صحية إذا لم تتم معالجتها بشكل صحيح بسبب وجود أنواع مختلفة من الفيروسات والبكتيريا وغيرها إضافة إلى تركيزات عالية من المواد الكيميائية الضارة والسامة (مثل العناصر الثقيلة ومتبقيات المبيدات) التي لا تتم إزالتها في مراحل المعالجة المختلفة قد تسبب أضرارا للنباتات أما في حال استعمالها في تغذية المياه الجوفية وعدم معالجتها بطريقة صحيحة فإنه بالإمكان تلوث تلك المياه كما أنها قد تسبب انسدادا لشبكات الري عند استعمالها.

## مجالات استخدام المياه المعالجة:

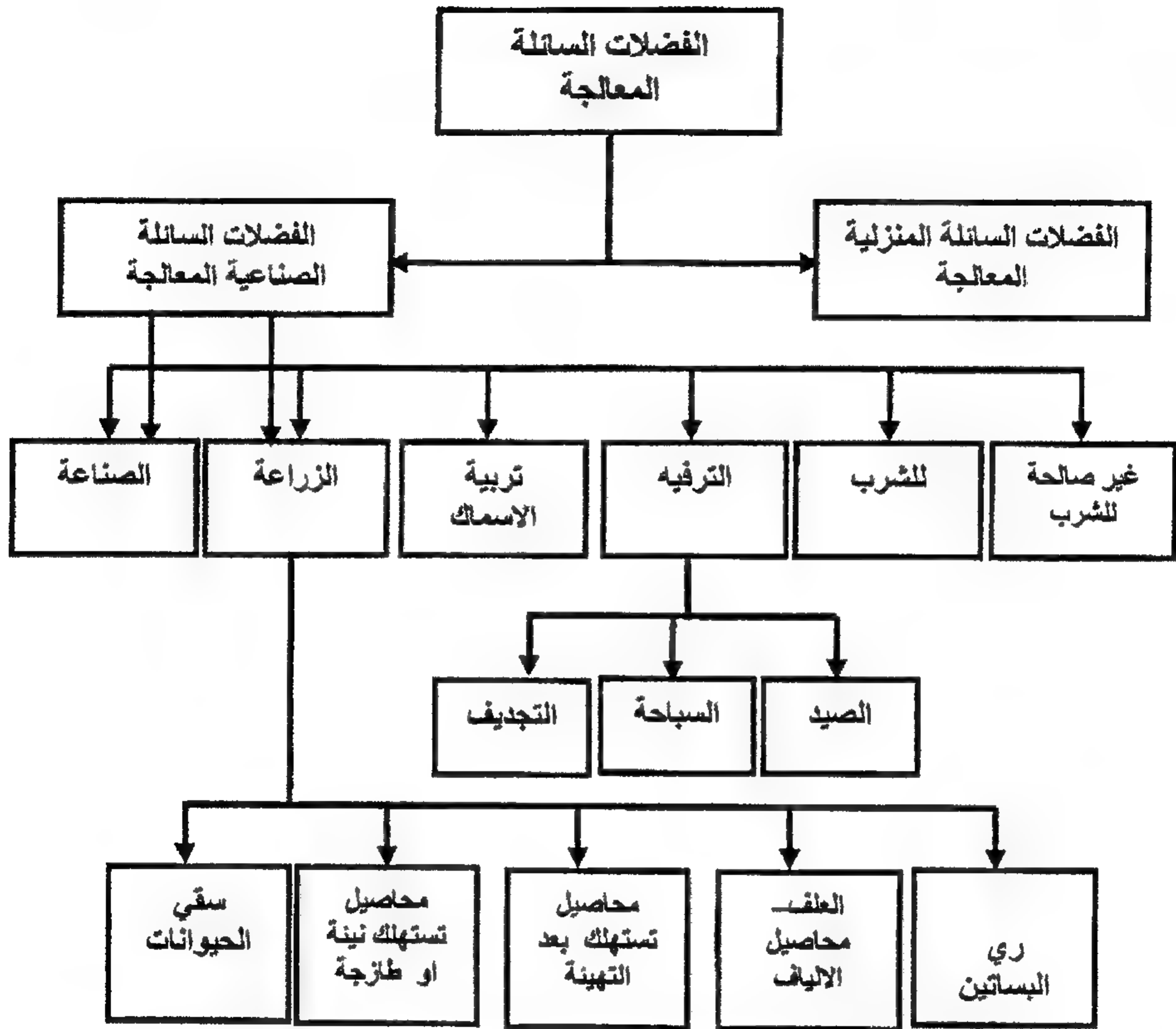
تختلف درجة معالجة مياه الصرف الصحي حسب الاستعمال المطلوب، وقد اقترحت منظمة الصحة العالمية طرق معالجة خاصة بالاستعمالات الشائعة لتلك المياه، وتتضمن مجالات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ما يلي:

1. الشرب (تحتاج معالجة رباعية متقدمة لازالة كافة العوامل الملوثة).
2. المرافق الترفيهية (تحتاج معالجة ثلاثية متقدمة لازالة معظم العوامل الملوثة).
3. الزراعة (تحتاج معالجة ثانوية أو ثلاثية ويشترط خلو الماء المعالج من العناصر السامة والضارة والممرضات).



4. إيقاف انسياب المياه المالحة (بشحن الخزانات الجوفية بالماء المعالج القريبة من الشواطئ البحرية لمنع تداخل مياه البحر).

ويبين الشكل التالي معظم استخدامات مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة في الأغراض المختلفة.



شكل 9-3 مخطط لاستخدامات المياه المعالجة

### 3-6-2. ثانيا معالجة مياه الصرف الصناعي (المخلفات الصناعية السائلة)

تعد معالجة مياه الصرف الصناعي للمخلفات الصناعية للمصانع من أهم وسائل حماية البيئة المائية من التلوث الكيميائي والفيزيائي اذ تحتوي معظم مياه الصرف الصناعي علي الاف المركبات الكيميائية المختلفة والتي تتباين باختلاف

الصناعة نفسها. وقد صنفت معظم الصناعات تبعا لطرق المعالجة الشائعة التي  
الاقسام التالية:

- صناعات غذائية.
- صناعات كيميائية.
- صناعات هندسية.
- صناعات معدنية وحرارية.

اهم العناصر الضارة المطلوب ازلتها من مياه الصرف الصناعي:

تعد العناصر التالية اهم العناصر المطلوب ازلتها من مياه الصرف الصناعي  
لخطورتها علي البيئة والانظمة البيئية وخطورتها علي شبكة المجاري العامة  
وخطورتها علي الصحة:

- ◇ المواد الصلبة
- ◇ الزيوت والشحوم والدهون
- ◇ المواد والمركبات العضوية السامة
- ◇ الفينولات والمركبات الفينولية
- ◇ المنظفات الصناعية
- ◇ المركبات العضوية المتطايرة
- ◇ العناصر الثقيلة
- ◇ المركبات السامة الغير عضوية

العمليات الكيميائية لمعالجة الصرف الصناعي:

## Chemical Treatment Processes

وهي العمليات التي تعتمد على حدوث تفاعل كيميائي من أجل التخلص من  
او تحول الملوثات إلى مواد يسهل فصلها من مياه الصرف. ومن أكثر الطرق  
الكيميائية شيوعا في هذا المجال: الترسيب والامتزاز والتطهير. تتم المعالجة

بالترسيب الكيميائي من خلال تكوين راسب كيميائي. وفي معظم الأحيان يحتوى هذا الراسب على المكونات التي قد تفاعلت مع الكيماويات المضافة إلى جانب المكونات الأخرى التي قد ترتبط بالمواد المترسبة وتفصل معها. أما الامتزاز فيعتمد على قوة الجذب بين الأجسام للتخلص من مركبات معينة من خلال التصاقها بسطح المواد الصلبة.

وهي طرق وعمليات المعالجة التي يتم فيها ازالة او تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق اضافة الكيماويات او عن طريق التفاعلات الكيميائية، ومن أمثلة هذه العمليات الكيميائية الاكسدة الكيميائية و استخدام الاوزون و الارجاع الكيميائي (مثل ارجاع الكروم السداسي التكافؤ الى ثلاثي التكافؤ مما يسهل ازالته).

ويعد الترسيب الكيماوي والادمصاص التطهير من اكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصناعي.

فمثلا الترسيب الكيميائي (بأستخدام الكيماويات) يتم بأستخدام مرسبات كيميائية لتنشيط والأسراع بعملية الترسيب حيث يترسب كلا من المرسب والمادة المراد ترسيبها، بينما يتم الادمصاص كمثال اخر للمعالجة الكيميائية عن طريق ازالة الملوثات من المياه الملوثة علي سطح مادة الادمصاص بفعل قوي التجاذب بين الاجسام.

وتتمثل المعالجة الكيميائية في عمليات التطهير بضافة الكلور والتي تعرف بالكلورة، وايضا اضافة بعض البوليمرات او الكيماويات التي تساعد علي تجفيف وازالة الماء من الحمأة الناتجة من مراحل الهضم اللاهوائي.

وعامة في مجال معالجة مياه الصرف الصناعي تستخدم وحدات المعالجة الكيميائية مرتبطة ومكملة لوحدات المعالجة الفيزيائية

وتطبيقات المعالجة الكيميائية يصفها الجدول التالي ويبين استخدام مواد كيميائية عديدة لتحسين نتائج ونواتج تشغيل وحدات المعالجة الاخرى.

### جدول 3-8

#### عمليات المعالجة الكيميائية والغرض منها

عملية المعالجة	تطبيق عملية المعالجة والغرض منها
الترسيب الكيميائي Chemical precipitation	مثل عمليات ازالة الفسفور وعمليات تحفيز واسراع ازالة المواد العالقة في وحدات الترسيب الابتدائي.
الامتصاص Adsorption	ازالة المواد العضوية والتي لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيماوية والبيولوجية التقليدية.
التطهير Disinfection	تدمير وقتل الكائنات الممرضة بوسائل التطهير المتعددة.
التطهير الكلور (الكلورة) Chlorination	تدمير وقتل الكائنات الممرضة باستخدام الكلور او مركباته، كأحد اكثر الطرق شيوعا في تطهير مياه الصرف الصحي.
نزع الكلور Dechlorination	ازالة الكلور الكلي المتبقي المتحد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة.
التعادل Neutralization	ضبط قيمة الاس الهيدروجيني.
الترشيح Filtration	ازالة الجزيئات الكبيرة وبعض المغذيات.
التبادل الايوني Ion Exchange	ازالة الايونات وبعض العناصر الغير مرغوب فيها.



المعالجة الكيميائية لها بعض العيوب بالمقارنة بطرق ووحدات المعالجة الاخرى مثل وحدات المعالجة الفيزيائية، وهذه العيوب تتمثل في أنه عمليات المعالجة الكيميائية هي عمليات اضافة مواد (يتم فيها اضافة مواد معينة) ففي كثير من الاحيان هناك مادة معينة تضاف لمياه الصرف لازلة ملوث او مكون معين يتبعه زيادة في النهاية للمواد والمكونات الذائبة لمياه الصرف.

فعلى سبيل المثال الكيماويات المضافة لتحفيز ازالة المواد العالقة في وحدات الترسيب الابتدائي يصاحبها عادة زيادة في تركيز المواد الذائبة الكلية لمياه الصرف مما يضع بعض القيود لاعادة استخدام هذه المياه فيما بعد.

وهناك عيب اخر وهو التكلفة العالية لاستخدام الكيماويات فهذه التكلفة تكون مساوية او تزيد عن تكلفة الطاقة اللازمة لتشغيل وحدات المعالجة الاخرى كبديل للمعالجة الكيميائية.

ان اختيار مراحل المعالجة الكيميائية المناسب يعتمد على كمية و نوعية المياه الملوثة و كذلك يعتمد على كلفة المعالجة والمواصفات النهائية المطلوبة للمياه المعالجة قبل القائها الى المستقبلات النهائية.

من الشائع دمج عدد من تقنيات المعالجة مع بعضها لتحسن مواصفات المياه النهائية المعالجة. كما ان الحصول على مياه نقية اكثر باستخدام تكنولوجيا متقدمة مثل عمليات الترشيح والتناضح العكسي والتبادل الايوني سيزيد من كلفة المعالجة الى حد كبير.

**مثال للمعالجة الكيميائية لمياه الصرف الصناعي:**

وسوف نأخذ مثالين للمعالجة الكيميائية لمياه الصرف وهما الاكسدة والاختزال والترسيب الكيميائي.

## اولا: الأكسدة/ الاختزال بالكيماويات Oxidation / Reduction

تستخدم المواد المؤكسدة في معالجة الصرف الصناعي كخطوه اولى لإزالة المعادن الثقيلة بأكسدة المواد العضوية او كمرحلة أخيره فى المعالجة لأكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة مثل كبريتيد الهيدروجين او لأكسدة المواد الغير عضوية مثل السيانيد وعمليات التطهير.

يعتبر الهواء هو المادة المؤكسدة الأقل تكلفة والأكثر انتشاراً. يتم أكسدة الحديد الثنائى إلى الحالة الثلاثية من خلال تعريضه للهواء وتتم هذه العملية غالباً فى أبراج للأكسدة مشابهة لأبراج التبريد. ومن المواد الكيميائية المؤكسدة أيضاً الكلور ونظيره الهيبوكلورايت فى صورتيه الصوديوم والكالسيوم وبرمنجنات البوتاسيوم. ويعد الكلور ومشتقاته من المواد المكونة للمركبات المسببة للسرطان عند استخدامها فى أكسدة المواد العضوية. ولذلك يجب التأكد اولا قبل استخدام الكلور من احتمالات تكوين أي مواد مسرطنة وذلك حتى إذا كانت العملية لا تتعلق بمياه الصرف.

وتستخدم مادة برمنجنات البوتاسيوم فى أكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة القوية ولاكسدة المواد العضوية. ومن المواد الفعالة فى اكسدة المواد العضوية مثل الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) هي مادة بيروكسيد الهيدروجين.

## ثانيا: الترسيب الكيميائي Chemical Precipitation

وتتكون عملية الترسيب الكيميائي لمعالجة مياه الصرف من إضافة الكيماويات التي من شأنها تغيير الحالة الفيزيائية للمواد الصلبة الذائبة والعالقة وتسهيل عملية التخلص من هذه المواد عن طريق الترسيب. وفي بعض الأحيان يكون هذا التغيير طفيفاً وتتأثر عملية التخلص سلباً بسبب حبس هذه المواد فى كتلة مترسبة كبيرة الحجم يتكون معظمها من المادة الكيميائية نفسها. ومن نتائج هذه الإضافات الكيميائية أيضاً زيادة نسبة المواد الذائبة فى مياه الصرف.

في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائي تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي BOD<sub>5</sub> من المياه في حالات:

1- اختلاف تركيز الصرف على مدار الفصول (كما هو الحال في صناعات تعليب الأغذية مثلا).

2- الاحتياج إلى درجة معالجة متوسطة.

3- كوسيلة مساعدة لعملية الترسيب الطبيعي.

وقد أدى الاحتياج إلى توفير الإزالة الكاملة للمركبات العضوية والمغذيات (النيتروجين والفوسفور) الموجودة بمياه الصرف إلى زيادة الاهتمام بالترسيب الكيميائي.

وقد تم تطوير العمليات الكيميائية للمعالجة الثانوية الكاملة للمياه الملوثة، بما فيها إزالة النيتروجين أو الفوسفور أو كليهما، بالإضافة إلى تطوير عمليات كيميائية أخرى لإزالة الفوسفور بالترسيب الكيميائي إلى جانب المعالجة البيولوجية.

ومن خلال الترسيب الكيميائي يمكن إزالة من 80 إلى 90 % من المواد العالقة الكلية ومن 50-80 % من الأكسجين الحيوي الممتص BOD ومن 80-90 % من نسبة البكتريا الموجودة في مياه الصرف. وفي المقابل يوفر الترسيب الطبيعي إزالة 50 إلى 70 % فقط من المواد العالقة الكلية و 25 إلى 40 % من البكتيريا. إذاً فالكيماويات المضافة تتفاعل مع المواد الموجودة أصلا في مياه الصرف أو التي تضاف لهذا الغرض لإتمام عملية الترسيب الكيميائي.

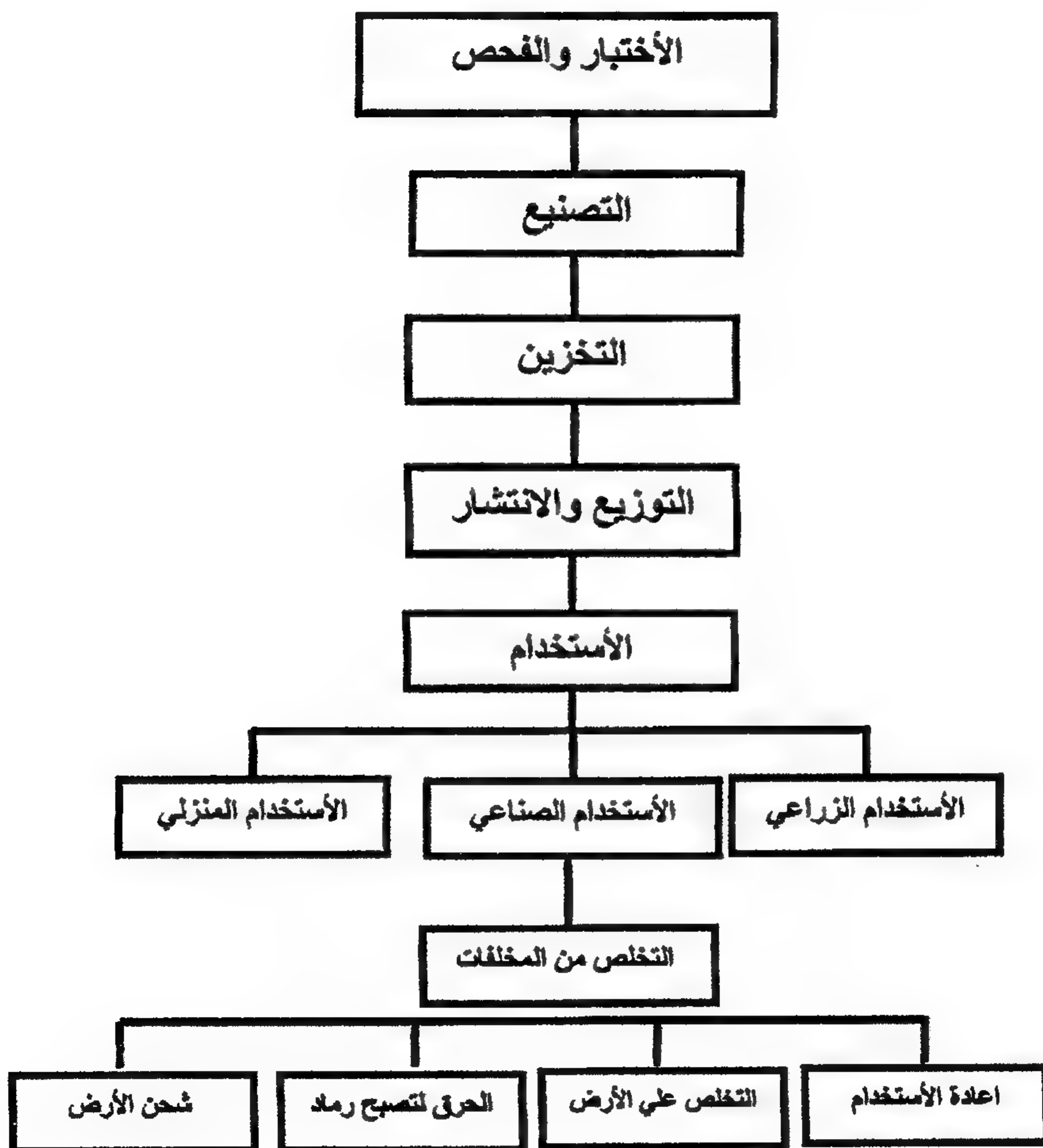
الكيماويات لابد ان تضاف الي مياه الصرف ثم تخط جيدا مع المياه حتي يتم التفاعل الكيميائي ويتكون المرسبات الزغبية والتي تنتقل الي احواض الترسيب حيث تترسب وترسب معها المواد العالقة الصغيرة جدا ذات الاحجام الدقيقة جدا.

اما المواد العضوية الذائبة فلا تتأثر كثيرا بعمليات الترسيب الكيميائي اذا أنها في اغلب الاحيان تحتاج الي بوليمرات وكيماويات خاصة.

تتناسب الكيماويات المضافة مع معدل تدفق مياه الصرف ، حيث تظبط الجرعات مما يعطي ندف ومواد زغبية يسهل ترسيبها في الأحواض.

### دورة حياة المواد الكيميائية في عمليات التصنيع:

تستخدم المواد الكيميائية بشكل كبير جدا في عمليات التصنيع المختلفة داخل المنشآت الصناعية وفي مختلف الصناعات اذ يكاد لا يخلو أي مصنع من استخدام لمادة كيميائية أو أكثر.



مخطط لدورة حياة المواد الكيميائية في عمليات التصنيع



### 3-7. المسح البيئي لمصادر المياه

المسح الصحى البيئى هى عملية تستهدف تقييم جميع العناصر البيئية والخدمات التى من الممكن أن تؤثر فى موارد المياه ومستوى الإصحاح البيئى وصحة المجتمع.

ويجب أن يقوم أفراد الجهاز الصحى القائمون على خدمات الصحة الوقائية وصحة البيئة بإجراء المسح الصحى البيئى لمنطقتهم وذلك من أجل:-

أولاً: توفير قاعدة بيانات واقعية لديهم تمكنهم من تقييم المستوى البيئى لموارد المياه والمرافق الصحية لمجتمعهم حتى يمكنهم التصدى لأى طارئ قد يتعرض لهم.

وأهم تلك البيانات:

1- تعداد السكان فى المنطقة وعدد التجمعات السكانية ورسم خريطة للتوزيع السكانى فى المنطقة.

2- تحديد مصدر أو مصادر المياه للمنطقة.

3- مدى توافر شبكات التوزيع ونسبة تغطية المنازل بشبكات المياه وحالة الشبكات.

4- أسلوب حصول السكان على إحتياجاتهم من المياه. وهل يتم ذلك عن طريق وصول المياه إلى منازلهم أم إلى حنفيات عامه أم عن طريق التخزين أو المياه المنقولة.

5- كمية المياه المنتجة يومياً وهل تكفى حاجة السكان ومدى توافر المياه على مدار اليوم.

ثانياً: يجب أن يقوم المسئولون عن الرقابه على الإصحاح البيئى بزيارة مورد المياه للمنطقة وإجراء المراجعة البيئية على الطبيعة وذلك من أجل تحديد:

(1) نوعية المعالجة التى تتم للمياه.

- (2) مدى مطابقة مصدر المياه للشروط الصحية من حيث الموقع - المأخذ - البعد عن مصادر التلوث.
- (3) خطوات التنقية المتبعة للمياه.
- (4) مدى توافر الشروط الصحية فى بناء محطة التنقية ومطابقة المروقات والمرشحات للمواصفات الصحية.
- (5) وجود الخزانات الأرضية والعلوية للمياه ومدى مطابقتها للشروط.
- (6) نظافة محطة المعالجة وتوافر العمال اللازمة.
- (7) مدى توافر مواد الترويق والتعقيم وصلاحية أجهزة إضافة الكلور والشبه.
- (8) الأطلاع على نظام الرقابة الداخليه بالمحطة ومدى تجهيز المعمل بالمعدات اللازمة وتدريب أفرادهم ومدى المعلومات المتوافرة لديهم حول المعايير والمواصفات الصحية لمياه الشرب.

ثالثاً: لا يتم أستكمال المسح البيئى لمورد المياه سوى بالأطلاع على حالة مياه المأخذ والمياه المنتجة ومدى مطابقتها للشروط الصحية والمعايير ولذلك يجب أن يقوم المكلف بالمسح بالإطلاع على نتائج العينات السابق تحليلها خلال العامين السابقين ثم يقوم بأخذ عينات وقت إجراء المسح وذلك للتحليل الكيميائى والبكتريولوجى للمطابقة للمعايير وذلك من المأخذ ومن طرد للعملية.

رابعاً: يجب أن يتم المسح البيئى والمعاينة لمصادر المياه فى وجود مندوب عن الجهة المنتجة للمياه او الوحدة المحلية كما يجب أن يتم بشكل منتظم وأن يتم ملئ الإستمارة الخاصة بإجراء المسح فى الموقع وذلك لاستكمال كافة البيانات وعدم إغفال أى نقطة كما يجب على القائم بالمسح تحديد مواطن الخطر والنقاط التى تحتاج إلى إصحاح وإخطار القائمين على إنتاج المياه بها فى حينه وتحديد موعد الزيارة التالية لمتابعة إصحاح الموقف.

خامساً: عند المرور على محطات المياه الجوفية يجب تحديد حرم البئر بدقة وعدد الآبار الموجودة وعمق كل بئر وكمية تصريف المياه من كل بئر كما يجب تحديد التعديلات على حرم البئر إن وجدت ومعرفة سعة الخزانات العلوية وإستيفائها للشروط وإذا كانت مستخدمه أم لا ومعدل مرات الغسيل والتطهير للخزان. كما يجب أن تحتفظ المحطة بسجل يحدد فيه مواعيد وخطوات الغسيل والتطهير للخزان يوقع عليه من القائم بالمرور والمراجعة.

سادساً: يجب أن يشمل المسح البيئي لمصادر المياه المعلومات الكاملة عن الشبكة ويتم المرور على الشبكة وتفقد حالتها وقد يتم زيارة بعض المنازل في مواقع متفرقة وسؤال المنتفعين عن حالة ومدى توافر المياه وساعات التشغيل.

سابعاً: يعد متابعة وتقييم خدمات الصرف الصحي مكملاً للتقييم البيئي لمصادر المياه وذلك لما لتأثير التصريف الصحي للمياه العادمة على حالة المياه في المجارى المائية وكذلك حالة المياه الجوفية.

لذلك يجب أن تحتفظ في وحدات تقديم خدمات صحة البيئة بتقارير وافية عن حالة خدمات الصرف وحالة الإصحاح البيئي للمرافق الصحية بصفة عامة.

### 3-8. الموارد المائية في الوطن العربي

تعتبر الموارد المائية والأرضية من أهم العوامل المحددة للزراعات في الوطن العربي وخاصة الموارد المائية، حيث يتم استغلال ما نسبته 88% من جملة الأراضي المتاحة. ونظراً لمحدودية الموارد المائية المتاحة والتي تقدر بحوالي 247 مليار متر مكعب/السنة، وهذه الكمية هي العامل المحدد للتركيب الزراعي. ومن ناحية أخرى فإن نصيب الفرد من المياه يتناقص بتزايد عدد السكان فبينما كان المتوسط العام للدول العربية حوالي 1090 م<sup>3</sup>/الفرد/السنة انخفض إلى حوالي 950 م<sup>3</sup>/الفرد عام 2000، ويقدر ان يصل الى حوالي 900 م<sup>3</sup>/الفرد عام 2007، وهذه الارقام تدل على محدودية الموارد حيث يعتبر مستوى 1667 م<sup>3</sup>/الفرد/السنة

وما دون ذلك مؤشراً لمحدودية المياه حسب أحد التصنيفات العالمية. يبين الجدول رقم (1-1) المياه المتاحة ونصيب الفرد م<sup>3</sup>/السنة في الوطن العربي.

ومن العوامل المؤثرة في محدودية المياه في الوطن العربي حقيقة امتداد معظم أراضيه عبر أقاليم جافة وشبه جافة ، وهذا ما يجعل من مسألة تجدد المصادر المائية السطحية والجوفية مسألة في غاية الأهمية. كما يعتبر التوزيع البيئي للأرض في المنطقة العربية عاملاً محدداً في النشاط الزراعي واستقراره.

### جدول رقم (3-8)

المياه المتاحة ونصيب الفرد م<sup>3</sup>/السنة في اقاليم الوطن العربي  
بالمنطقة العربية مقارنة بالعالم

الاقليم	المياه السطحية بالمليار م <sup>3</sup>	المياه الجوفية المتاحة للاستغلال بالمليار م <sup>3</sup>	المياه غير التقليدية بالمليار م <sup>3</sup>	المياه المتاحة مليار م <sup>3</sup>	عدد السكان مليون (1996)	نصيب الفرد م <sup>3</sup> /السنة
المشرق العربي	67.0	6.58	0.030	73.61	45.85	1605.4
شبه الجزيرة العربية	9.85	4.71	2.277	16.84	42.89	393.1
الاقليم الاوسط	87.40	8.75	4.900	101.85	95.64	1056.6
المغرب العربي	40.37	15.0	0.275	55.65	71.40	779.4
جملة الفرد العربي	204.62	35.04	7.482	247.15	255.7	966.5
العالم				42000	5716.4	6997.4
المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الاوضاع المائية في الدول العربية، 1999.						

ومن هنا تأتي أهمية ترشيد استهلاك المياه في الوطن العربي سواء المياه المنزلية او مياه الري والزراعة وايضا المياه المستخدمة في النشاط الصناعي.



## الفصل الرابع

# كيمياء الهواء والتلوث الهوائي للبيئة

4. مقدمة عن الهواء

4-1. كيمياء الهواء

4-2. مكونات وتركيب الغلاف الجوي

4-3. الهواء والتلوث البيئي

4-3-1. مصادر التلوث الهوائي

4-3-2. ملوثات الهواء

4-4. الملوثات الجوية وتأثيراتها البيئية



## كيمياء الهواء والتلوث الهوائي للبيئة

### 4. مقدمة عن الهواء

تعد دراسة الهواء والتلوث الهوائي من اهم فروع الكيمياء البيئية وذلك لارتباط الهواء وتلوثه بكل من تلوث الماء والتربة اذ يؤدي تلوث الهواء الي تلوث كل من التربة والماء غالبا لسقوط الجسيمات والدقائق والغازات الهوائية من الهواء لسطح الأرض علي الماء او علي التربة او علي كليهما في نفس الوقت، ويشكل الهواء والماء والتربة أهم عناصر البيئة تأثيرا علي الأحياء لكون الهواء مصدر التنفس للإنسان والتربة والماء مصدر طعامه وشرابه.

### 4-1. كيمياء الهواء

الهواء خليط الغازات الذي يحيط بالأرض. وغالبًا ما يطلق عليه الغلاف الجوي. فعندما تهب الرياح فإن الذي تشعر به يلمس وجهك هو الهواء. والرياح ببساطة هواء متحرك. ويمكنك رؤية أثر الرياح في انسياب الغيوم وتلاطم الأمواج وخشخشة اوراق الشجر.

وبدون الهواء فإن الحياة تستحيل على سطح الأرض، وتكون مجرد عالم صخري شبيه بسطح القمر، وتكون السماء داكنة باستمرار، والنجوم غير متألئة، وتكون الشمس كرة نارية تذهب بالأبصار، وتتطلق منها إلى الأرض إشعاعات مميتة، بالإضافة إلى الحرارة والضوء.

وتحتاج جميع الأحياء (الحيوانات والنباتات) الهواء لتبقى على قيد الحياة. فقد يعيش الإنسان أكثر من شهر دون طعام وأكثر من أسبوع دون ماء. لكنه لا يستطيع البقاء حيًا دون هواء سوى بضع دقائق.

وللهواء دور أكبر من كونه يمكننا من التنفس. فالهواء يقي الأرض من الأشعة الضارة التي تنبعث من الشمس وغيرها من الأجسام، والكواكب في الفضاء الخارجي. وفي نفس الوقت يقوم الهواء بامتصاص الكثير من الحرارة المنبعثة من الشمس. وبهذا يحافظ الهواء على بقاء الأرض دافئة بما فيه الكفاية لضمان استمرار الحياة. والهواء يحمينا من الجسيمات النيزكية، التي يحترق معظمها قبل أن ترتطم بسطح الأرض. وتجلب السحب التي تتشكل في طبقات الجو العليا المياه سواء أكانت على شكل أمطار أم ثلوج. وينبغي توافر المياه والهواء لجميع الكائنات الحية لكي تعيش.

ونحتاج للهواء أيضاً لكي نسمع، حيث ينتقل الصوت عبر الهواء، أو أي مادة أخرى. ومعظم الأصوات التي نسمعها تنتقل عبر الهواء. وللهواء وزن، وهذا الوزن يمكن المناطق المملوءة بالغاز الخفيف أو الساخن من أن ترتفع فوق الأرض لأنها أخف من الهواء المحيط بها. كما يمكن الهواء المتحرك الملامس لأجنحة الطائرات والطيور والحشرات من الطيران.

تحتوي الأرض على كميات كبيرة من الهواء. أما نوعية الهواء فتعتمد بشكل كبير على كمية الفضلات الصناعية وغيرها من الملوثات الأخرى التي يضيفها الإنسان إلى الجو. ويشكل تلوث الهواء في مدن العالم الكبرى مشكلة خطيرة. فالهواء الملوث يضر بصحة الإنسان ويؤذي النباتات والحيوانات، ويدمر مواد البناء. وعلاوة على ذلك، فإنه يؤثر على الطقس.

ويمكن أن نسأل ما هو الهواء حسب المفهوم العلمي فيمكن القول أن الهواء مخلوط يحتوي على خليط من الغازات، تمتد من سطح الأرض إلى الفضاء الخارجي. وتعمل الجاذبية الأرضية على تثبيت الغلاف الجوي حول الأرض. وتتحرك الغازات بحرية فيما بينها. ويعبر ضوء الشمس، الذي يتكون من خليط من



جميع الألوان، الغلاف الجوي فتعمل جزيئات الهواء على تشتيته في كل الاتجاهات. وتبدو السماء زرقاء اللون، لكون الضوء الأزرق أكثر تشتتاً من غيره من الألوان. وتوجد العديد من جسيمات الغبار عالقة في الهواء. كما يحتوي الهواء على قطيرات الماء وعلى بلورات ثلجية على شكل سحب.

غازات الهواء. النيتروجين والأكسجين من الغازات الرئيسية في الهواء. ويحتوي الهواء على غيرهما من الغازات مثل بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون والنيون والأرجون والهيليوم والكربتون والهيدروجين والزينون والاوزون. أما بخار الماء في الهواء فهو ماء على شكل غاز غير مرئي. ويشكل النيتروجين 78% من الهواء الجاف (خالٍ من بخار الماء)، ويشكل الأكسجين 21% من الهواء الجاف. ويحتوي الباقي (1%) بشكل رئيسي، على الأرجون وغيرها من الغازات الأخرى.

#### 4-2. مكونات وتركيب الغلاف الجوي

يتركز وجود الكائنات الحية المختلفة في طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمى المحيط الحيوي Biosphere أو الوسط البيولوجي Biological Environment، ويشمل جزءاً من الغلاف الهوائي Atmosphere وجزءاً من القشرة الأرضية وكامل الغلاف المائي Hydrosphere ويرتفع إلى 26 كيلومتراً فوق سطح الأرض. ويميل العلماء إلى تحديد الغلاف الحيوي بالمجال الذي يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية، وتمتد من 30-50 متراً فوق سطح التربة وإلى 10-12 متراً تحت سطح التربة، كما تشمل كل عمق البحيرات والبحار والأنهار والمحيطات إلى عمق 350-400 متراً والمحيط الحيوي بأجزائه الهوائية والمائية والتربة هو الذي يعاني من التلوث حالياً.

ويعرف الغلاف الجوي أو ما يعرف أيضاً بالغلاف الهوائي، بأنه تلك الغلالة الشفافة التي تحيط بالأرض يابسها ومائها احاطة تامة، وتفصل سطحها عن الفراغ الكوني، ممتداً بذلك بعيداً عن سطحها بضعة مئات أو آلاف الكيلومترات، وإن كان

حده العملي يستمر حتي 1000 كيلومتر. حيث يبلغ اقصى عمقه عند خط الاستواء ويتضاءل تدريجيا عند القرب من القطبين ، كما يتواجد 99.9% من كتلة هذا الهواء دون ارتفاع 50 كيلومتر و 0.997 % تتواجد بين ارتفاع 50 الي 100 كم.

ويتميز الهواء بقدرته على الحركة Mobile، وقابليته للمرونة Elastic، والتمدد Expansible، والانضغاط Compressible، كما يقوم الهواء بنقل الموجات المنضغطة Compression Waves، والغلاف الجوي شفاف Transparent بالنسبة للأنواع المختلفة من الأشعة الشمسية التي تخترقه.

ويحمي الغلاف الجوي سطح الكرة الأرضية من تساقط بقايا الشهب والنيازك من الفضاء الخارجي، لأنها تحترق عند احتكاكها بالغلاف الجوي قبل وصولها إلى سطح الأرض. وبدون الغلاف الجوي تتعدم الحياة على سطح الأرض، حيث إن الهواء هو مصدر تكوين السحب، وهبوب الرياح، وسقوط الأمطار، وتكوين الموارد المائية، كما ينظم الغلاف الجوي درجات الحرارة بحيث تصبح مناسبة تماماً لحياة الإنسان، ففي حالة عدم وجوده حول الأرض ترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى نحو 220 درجة فهرنهايتية أثناء النهار، وتنخفض أثناء الليل إلى أقل من 300 - درجة فهرنهايتية.

[\*] السبب في صعوبة تحديد سُمك الغلاف الجوي تحديداً دقيقاً هو أن كثافته تقل بالتدرج بالارتفاع عن سطح الأرض، لانخفاض وزنه ولزيادة نسبة الغازات الخفيفة به، ونقص الغازات الثقيلة، لذا كان نصف وزن الغلاف الجوي يقع حتى مستوى 6 كم من سطح البحر، ويقع ثلاثة أرباع وزنه حتى مستوى 12 كم.

### طبقة الغلاف السفلي (التروبوسفير Troposphere)

وهي طبقة الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض، وهي الطبقة التي نعيش فيها. وتضم هذه الطبقة 75% من مجمل الغلاف الجوي. وتتم معظم التغييرات الجوية والأمطار والثلوج في هذه الطبقة تقريباً. ويتتبع العلماء بالطقس بدراساتهم

لطبقة التروبوسفير. كما تضم هذه الطبقة معظم بخار الماء والهباء الجوي في الجو. ويهب التيار النفاث في الجزء العلوي من هذه الطبقة.

كما تعرف هذه الطبقة بالغلاف المتغير، وتشمل الجزء الاسفل من الجو الممتد من مستوي سطح البحر وحتى ارتفاع قدره 12 كم، حيث تبلغ اقصي سمك لها عند خط الاستواء (16 كم) واقل سمك عند القطبين (8كم)، كما يزداد سمك الطبقة في الفصول الحارة من السنة وتقل في الفصول الباردة.

تتناقص درجة الحرارة في طبقة التروبوسفير حوالي 5،6°م كلما ارتفعنا إلى أعلى 1000م. ويتوقف تناقص درجة الحرارة عند بداية التروبوبوز (الفاصل السفلي) والتي تمثل الجزء الأعلى لطبقة التروبوسفير. ويقع حد التروبوبوز على ارتفاع 10 كم تقريباً فوق القطبين الشمالي والجنوبي، وعلى ارتفاع 15 كم فوق خط الاستواء تقريباً. وعند حد التروبوبوز يصبح الهواء رقيقاً جداً بحيث لا يكفي للحياة.

وعادة ما يكون الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض أدفأ لأن أشعة الشمس التي تمر خلال الغلاف الجوي تسخن الأرض وبخار الماء. وبدورها تقوم الأرض بتسخين الهواء الملامس لها مباشرة. وفي بعض الأحيان، وبخاصة خلال الليل أثناء فصل الشتاء، يكون الهواء الملامس للسطح أبرد من الهواء الذي يعلوه. وهنا، تزداد درجة الحرارة في طبقة رقيقة من طبقة التروبوسفير كلما ارتفعنا إلى أعلى. وهذه الحالة الشاذة تسمى الانقلاب الحراري. وتظهر أسوأ حالات التلوث الجوي أثناء حدوث هذه الظاهرة، لأن الهواء البارد القريب من سطح الأرض يحتجز الملوثات ويمنعها من الانتشار أو الصعود إلى أعلى. وتندوم حالة الانقلاب الحراري حتى تقضي الأمطار أو الرياح على هذه الطبقة الهوائية الدافئة.

ويكون الهواء بارداً في التروبوبوز، حيث تتكون السحب من بلورات الثلج. وأبرد جزء في طبقة التروبوسفير هو التروبوبوز الواقع فوق خط الاستواء، حيث يبلغ تصاعد الهواء أعلى حد له، فتهدبط درجة حرارة الهواء إلى مادون -80°م. أما

درجة حرارة التروبوبوز فوق القطبين فأنها تزيد عنها فوق خط الاستواء بـ 30°م.

والجدول التالي يبين مكونات هذه الطبقة التي تمثل أكثر من 75 % من كتلة الغلاف الجوي وتتكون من خليط من الغازات أهمها النيتروجين والأكسجين (يوضح الجدول مكونات الطبقة في حالة عدم تلوثها).

وطبقة التروبوسفير هي الطبقة المعنية بالتلوث إذا تتركز فيها 99.0 % من الملوثات الجوية.

جدول 4-1

المكونات الغازية	الرمز	الحجم %
النيتروجين	N <sub>2</sub>	78.08
الأكسجين	O <sub>2</sub>	20.94
الأرجون	Ar	0.93
ثاني أكسيد الكربون	CO <sub>2</sub>	0.03
النيون	Ne	0.0018
الهيليوم	He	0.0005
الأوزون	O <sub>3</sub>	0.00002-0.0
الهيدروجين	H <sub>2</sub>	0.00005

طبقة الغلاف الزمهريري (الستراتوسفير Stratosphere):

وتمتد من التروبوبوز إلى 50 كم فوق سطح الأرض تقريبًا. وكمية الرطوبة التي تصل هذه الطبقة من الغلاف الجوي قليلة جدًا، لذلك فإن السحب نادرة أيضًا. ويفضل طيارو الخطوط الجوية الطيران خلال هذه الطبقة تجنبًا لتقلبات الطقس التي



يواجهونها. في التروبوسفير. أما طبقة الاستراتوسفير فتتميز بثبات درجة الحرارة تقريبًا، ولكن درجة حرارة الطبقة العليا منها تزداد مع ازدياد الارتفاع، حيث تصل درجة الحرارة في الطبقة السفلى -55°م بينما تصل درجة الحرارة في الجزء العلوي منها إلى -2°م فقط، وهذا الجزء من الاستراتوسفير يُدعى الإستراتوبوز (الفاصل الطبقي). ويحتوي هذا الجزء على معظم غاز الاوزون الموجود في الغلاف الجوي لذا تسمى هذه الطبقة بطبقة الاوزون، وينشأ الاوزون من الأكسجين بفعل الأشعة فوق البنفسجية التي تصل من اشعة الشمس والتي تتسبب في حدوث تفاعلات كيميائية Photochemical Reactions اذ يتحول الأكسجين الجزيئي الي اكسجين ذري بفعل الطاقة الشمسية:



ثم يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي ويكون الاوزون



وللاوزون المتشكل اهمية كبيرة في حماية المحيط الحيوي وما فيه من كائنات حية وذلك لأنه يمتص الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة ويمنعها من الوصول لسطح الأرض ويعمل الاوزون على تسخين الهواء هناك بسبب امتصاصه الأشعة فوق البنفسجية.

وهذا النوع من الأشعة له تأثير ضار علي الكائنات الحية. وجزيئات الاوزون غير ثابتة اذا تتفكك عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية الي اكسجين ذري واكسجين جزيئي والطاقة المختزنة في الروابط الكيميائية لجزيء الاوزون تطلق علي شكل حرارة ترفع حرارة طبقة السراتوسفير من 50 درجة تحت الصفر الي 30 درجة فوق الصفر تقريبًا.

## طبقة الغلاف المتوسط (الميزوسفير Mesosphere):

تمتد من حد الإستراتوسفير إلى 80 كم فوق سطح الأرض. وتتناقص درجة الحرارة في هذه الطبقة مع الارتفاع حيث تصل درجة الحرارة في الأجزاء العليا منها إلى أدنى درجة ممكنة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وهذا الجزء العلوي، من طبقة الميزوسفير يُدعى الميزوبوز (حد الغلاف الأوسط). وتهبط درجة الحرارة في هذا الجزء فوق القطبين إلى ما دون  $-109^{\circ}\text{C}$  خلال فصل الصيف. ويمكن مشاهدة ذيل من الغازات الحارة تتساب في هذه الطبقة بفعل الشهب، حيث تستقبل النيازك والشهب حتي تحترق فيها. كما يمكن ملاحظة هبوب رياح في غاية العنف ضمن طبقة الميزوسفير. وتهب هذه الرياح من الغرب إلى الشرق في فصل الشتاء. ومن الشرق إلى الغرب في فصل الصيف.

لا تحتوي هذه الطبقة علي بخار الماء ولكنها تحتوي علي الأوزون. ومكوناتها الغازية شديدة التخلخل وخفيفة (الهيدروجين - هيليوم).

## طبقة الغلاف الحراري (Thermosphere):

وهي أعلى طبقة في الغلاف الجوي. وتبدأ من نهاية حد الميزوبوز وتستمر إلى الفضاء الخارجي. ويتميز الهواء في هذه الطبقة بأنه خفيف جدًا، إذ إن 99,99% من الغلاف الجوي يقع أسفل منه. ويختلف التركيب الكيميائي للهواء في هذه الطبقة عن التركيب الكيميائي لبقية الطبقات المكونة للغلاف الجوي. ففي الأجزاء الدنيا من طبقة التيرموسفير، تتحطم معظم جزيئات الأكسجين إلى ذرات الأكسجين. وتحتوي الأجزاء العليا منها بشكل رئيسي على الهيدروجين والهيليوم.

تواجه طبقة التيرموسفير أشعة الشمس بصورة مباشرة، فتعمل على تسخين الهواء الخفيف إلى درجة عالية جدًا. وتقفز درجة الحرارة بسرعة من الميزوبوز إلى  $600^{\circ}\text{C}$  عند ارتفاع 200 كم فوق سطح الأرض. ولكن في أثناء الرياح الشمسية تصل كمية إضافية من الإشعاع والجسيمات إلى طبقة التيرموسفير. وهنا يصبح

الهواء أكثر سخونة، حيث تصل درجة الحرارة إلى ما يزيد عن 2000°م على ارتفاع 400كم فوق سطح الأرض.

وعندما ترتطم أشعة الشمس وغيرها من الإشعاعات القادمة من مصادر كونية أخرى بطبقة الثيرموسفير، فإن بعض الجزيئات والذرات تشحن بالكهرباء أي تتأين. وتُسمى هذه الذرات المشحونة بالكهرباء أيونات. وتوجد معظم هذه الأيونات في الأجزاء السفلى من الثيرموسفير، لذلك تُسمى هذه الأجزاء من الطبقة الغلاف الأيوني (الأيونوسفير). حيث تؤدي هذه الطبقة دورًا كبيرًا في الاتصالات الراديوية بعيدة المدى. وتقوم هذه الطبقة بعكس الموجات الكهرومغناطيسية إلى الأرض عوضًا عن انتشارها في الفضاء.

وتظهر يوميًا في طبقة الثيرموسفير حالات مدّ غازي هائلة، وتغير حالات المد هذه اتجاهها كل ست ساعات. كما يظهر ضوء طبيعي في هذه الطبقة يسمى الفلق. ويحدث الفلق عندما تجذب الأرض تلك الذرات المتأينة في طبقة الثيرموسفير إليها، إذ تتحطم الجزيئات في طبقة الثيرموسفير مكونة حلقة حول الأقطاب المغناطيسية للأرض، وينتج عن ذلك طاقة على شكل ضوء. ويسمى الفلق الذي يبدو في شمال الكرة الأرضية الفلق الشمالي.. أما الفلق الذي يظهر في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية فيسمى الفلق الجنوبي.

الغازات في هذه الطبقة تكون في حالتها الذرية، والهواء فيها قليل الكثافة. تكثر ذرات الهليوم والأكسجين والنيتروجين في الجزء السفلي من الطبقة بينما تكثر ذرات الهيدروجين في الجزء العلوي منها. وتخلو هذه الطبقة من الأوزون وبخار الماء.

### طبقة الغلاف الخارجي ( Exosphere ):

هو الجزء العلوي من طبقة الثيرموسفير الإكسوسفير (الغلاف الخارجي)، وترتفع إلى حوالي 480كم عن سطح الأرض إلى أن تنتهي في الرياح الشمسية.

ولا يوجد في الأكسوسفير إلا القليل من الهواء. ولا تجد السفن الفضائية والأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض في هذه المنطقة مقاومة تذكر. وتتحرك بعض الذرات والجزيئات في الأكسوسفير بسرعة هائلة جدًا، حيث تتغلب على قوة جاذبية الأرض وتتطلق إلى الفضاء الخارجي (خاصة الهيدروجين)، وهكذا فإن الأرض تفقد غلافها الجوي بالتدريج. ولكن هذه العملية تحتاج إلى بلايين السنين حتى تأتي على مجمل الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية.

#### 3-4. الهواء والتلوث

يتكون الهواء غير الملوث من عناصر أساسية هي النتروجين والأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والهيدروجين وبخار الماء، كما يحتوي الهواء على نسب ضئيلة من الهليوم والنشادر والاوزون وأول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وجسيمات الغبار ودقائق لاملاح عضوية وغير عضوية.

مع ان النسب الحجمية للهواء النقي ثابتة تقريبا الا ان مكوناتها تخضع باستمرار للتجديد من خلا الدورات الحيوية المتعددة ضمن النظام البيئي للكائنات الحيوانية والنباتية والكائنات الدقيقة وعوامل البيئة الاخرى. ويمتاز الهواء النقي بأنه عديم اللون والرائحة ويكاد يكون تركيبه واحد في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي Troposphere المحيط بالكرة الأرضية. الا ان هذا التركيب قد يتغير في حالات الاخلال بالأنظمة البيئية من قبل مصادر طبيعية او من مصادر صناعيا ناشئة عن نشاط الإنسان.

وبذلك يصبح الهواء ملوثا اذا حدث تغير في تركيبه الطبيعي او دخلت عليه عناصر غريبة، سواء كانت هذه العناصر طبيعية او كيميائية او بيولوجية مثل الغازات او الجسيمات او الميكروبات، خلال فترة قصيرة او طويلة بحيث تؤدي الى الحاق ضرر بحياة الإنسان او الحيوان او الكائنات الاخرى او الممتلكات الاقتصادية. ويمكن اجمالي ملوثات بالهواء بالتالي:



- ملوثات غازية
- ملوثات جسيمية
- ملوثات اشعاعية
- ملوثات بيولوجية
- ملوثات ثانوية

كما يمكن تقسيم تلوث الهواء الي عدة اقسام كما يلي:

#### • التلوث المحلي Local Pollution

هو التلوث الهوائي الذي يرتبط بأماكن محددة، كالتلوث الذي يحدث لمدينة او منطقة صناعية محددة او غيرها.

#### • التلوث الاقليمي Regional Pollution

هو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة كبيرة تضم عدة دول او حتي قارة بأكملها، مثل تلوث حوض البحر الابيض المتوسط او تلوث قارة اوربا.

#### • التلوث العالمي Universal Pollution

هو التلوث الهوائي الذي تنتشر فيه الملوثات علي مساحات كبيرة، وتصل الي اماكن بعيدة ن مصادرها، مثل التلوث بالاشعاعات الذرية حيث يتجاوز الاقليم الذي حدث فيه، ومثل التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو الأرض، او تآكل طبقة الاوزون في طبقات الجو العليا والمتوسطة.

يمكن ان ندرك اهمية الهواء اذا علمنا ان رئة الإنسان تستقبل اكثر من 15 كيلو جرام من الهواء الجوي في حين لا يستقبل اكثر من 2.5 كيلو جرام من الماء واقل من 1.5 كيلوجرام من الطعام.

وقد عرف الإنسان تلوث الهواء منذ القدم، عندما كانت تثار الاتربة والرمال بفعل الرياح، ومن خلال النار التي كان يستخدمها في التدفئة وصنع الطعام، وفي

الحرائق التي كانت تشتعل في الغابات. ولقد تعاظم تلوث الهواء منذ بداية الثورة الصناعية في العالم وادخال مركبات ومواد كثيرة وعديدة الي النظام البيئي.

#### 4-3-1. مصادر التلوث الهوائي

لتلوث الهواء مصادر عديدة منها ما هو طبيعي ليس للانسان دخل فيه ومنها ما هو صناعي ينشأ من افراط الإنسان في استخدام الثروات الطبيعية او من انشطته المختلفة واهم مصادر تلوث الهواء ما يلي:

◇ المصادر الطبيعية

◇ المصادر البشرية

##### اولاً: المصادر الطبيعية

يحدث تلوث الهواء طبيعياً من خلال الملوثات المختلفة (الغازية -السائلة- الصلبة) التي تدخل اليه، والتي تتجم من الطبيعة والظواهر الطبيعية المختلفة دون تدخل الإنسان فيها من خلال انشطته التي تحتم عليه التفاعل مع الطبيعة ويمكن حصر التلوث الطبيعي للهواء في الاتي:

- 1- الغبار والأتربة المثارّة بفعل الرياح.
- 2- البراكين النشطة التي تندفع منها انواع من الغازات الضارة وكميات ضخمة من الرماد والحمم.
- 3- حرائق الغابات الطبيعية الذاتية.
- 4- حبوب لقاح الاشجار والنباتات.
- 5- املاح البحار والمحيطات و التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المخفضات والجبهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية.
- 6- غاز الاوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربائي في السحب.
- 7- الجسيمات النيزكية القادمة من الفضاء.

8- الكائنات الحية الدقيقة من البكتريا والميكروبات.

9- تكون بعض الأكاسيد النيتروجينة عند حدوث تفريغ كهربى في السحب الرعدية.

10- وجود بعض الفطريات في الهواء في مواسم معينة، ووجود بعض انواع البكتريا والجراثيم في الماء والهواء عند تعفن اجساد الطيور والحيوانات او تعفن فضلات الحيوان او الإنسان.

11- المواد ذات النشاط الأشعاعى كتلك الموجودة في التربة وبعض صخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

ومع مرور الوقت تستمر إضافة جسيمات الهباء الجوى إلى الغلاف الجوى، إلا أنها لا تبقى عالقة في الهواء إلى الأبد. إذ تتولى الأمطار والجليد إزالتها من الهواء، حيث يصبح الهواء منعشاً بعد تساقط الأمطار والتلوج. أما الجزء الآخر من الهباء الجوى فيسقط تدريجياً على سطح الأرض.

تتفاوت كمية جسيمات الهباء الجوى في الهواء قرب الأرض من مكان إلى آخر، حيث يحتوى المتر المكعب من الهواء فوق المحيطات على بليون جسيم، بينما يضم المتر المكعب من الهواء فوق المدن الكبرى حوالي 100 بليون جسيم. ونظراً لقلّة الهباء الجوى في طبقات الجو العليا فإن الهواء عادة ما يكون أكثر نقاء. ويبين الجدول التالى التوزيع العام للمادة الغازية البركانية.

جدول 4-2

النسبة المئوية %	الرمز	المادة الغازية
70.75	H <sub>2</sub> O	بخار الماء
14.07	CO <sub>2</sub>	ثاني أكسيد الكربون
0.33	H <sub>2</sub>	الهيدروجين

النسبة المئوية %	الرمز	المادة الغازية
5.45	N <sub>2</sub>	النيتروجين
0.18	Ar	الارجون
6.40	SO <sub>2</sub>	ثاني أكسيد الكبريت
0.10	SO <sub>3</sub>	ثالث أكسيد الكبريت
0.05	Cl <sub>2</sub>	الكلورين

ويلاحظ من الجدول ان المادة الغازية البركانية تتكون معظمها من بخار الماء الذي يمثل اكثر من 70% من المكونات.

#### أ- تلوث الهواء من البراكين كأحد المصادر الطبيعية:

تمثل البراكين احد العوامل الطبيعية الهامة في تلوث البيئة بشكل عام، فتدفع هذه البراكين عند ثوراتها بكميات هائلة من النواتج الغازية والسائلة بالإضافة الى النواتج الصلبة.

#### النواتج الغازية:

تخرج البراكين كما هائلا من الغازات تختلف في كميتها ونوعيتها من بركان لآخر ومن أهم نواتج البراكين الغازية بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والكلور وأكاسيد الكبريت وكلوريد الامونيوم. ويصاحب خروج هذه الغازات بعض النواتج الصلبة التي تسلك أثناء خروجها مع الغازات سلوك الموائع وهذه النواتج الصلبة هي الرماد البركاني.

#### النواتج البركانية السائلة:

وهي الحمم المصهورة والمعروفة باسم اللافا والتي ما تلبث أن تسيل على جوانب البركان مكونة فيما بعد الصخور البركانية.



## النواتج البركانية الصلبة:

من أهم النواتج الصلبة التي تقذفها البراكين البريشيا البركانية وهى قطع صخرية صغيرة الحجم حادة الزوايا وكذلك الأجلوميرات Agglomerate وهى قطع صخرية صغيرة الحجم مستديرة أو شبه مستديرة.

## ب- تلوث الهواء من العواصف كأحد المصادر الطبيعية:

### العواصف المدارية والرملية:

• توجد العواصف المدارية فى العروض المدارية، ومن أهم ما يميزها أنها شديدة السرعة والإنخفاضات الجوية التى تصاحبها شديدة العمق، وتصل سرعة الرياح فى هذه العواصف أحيانا إلى 120 كيلومتر فى الساعة، كما أن الأمطار التى تسقط نتيجة لها تكون غزيرة جدا وعلى هيئة سيول، ويكثر حدوث العواصف المدارية فى فصل الصيف والخريف، ولكل عاصفة مركز (أو عين)، وهذه عادة تتصف بالهدوء وخلوها من السحب ونصف قطر هذه العيون يتراوح بين 8 و40 كيلومتر، وينتج عن العواصف المدارية تخريب شديد للمناطق الساحلية التى تمر بها العاصفة، وترتفع الأمواج فتغرق الشواطئ، وقد تعرقل الملاحة كما فى الخليج العربى وخليج البنغال ويقدر حدوثها بحوال ثلاث مرات فى المتوسط سنويا، هذا بالإضافة إلى إيذاء السكان عن طريق الرمال التى تحملها وصعوبة الرؤية وما ينجم عن ذلك من حوادث مرورية وإضرار بالنباتات. كما تعاني دول المنطقة العربية فى اوقات معينة من العواصف الرملية المحملة بالأتربة والرمال من الصحراء ويختلف مسماها من دولة إلى أخرى (الخماسين فى مصر، طوز فى دول الخليج، والهبوب فى السودان...). وتزيد الظواهر الجوية التى تتعرض لها بعض المدن العربية فى اوقات معينة من حدة التلوث إذ يؤدي سكون الرياح، وإنخفاض مستوى الانقلاب الحرارى بمنطقة القاهرة الكبرى فى فترة الخريف إلى إعاقه إنتشار الملوثات وتشتيتها وبالتالي حدوث نوبات تلوث

حادة للهواء في الطبقة القريبة من سطح الأرض حيث تتراكم الملوثات وتزيد عن المعدل الطبيعي.

ومن مخاطر العواصف الترابية هي إمكانية حملها للملوثات، مثل المبيدات ويمكن أن تقلها إلى مسافات بعيدة مسببة آثاراً عكسية على البيئة والاقتصاد ونوعية الحياة. تصل تقديرات كمية الرواسب الترابية السنوية على طول المناطق الساحلية في الكويت إلى ألف طن/كم<sup>3</sup> بمتوسط تركيز عام يبلغ 2000 ميكروجرام/م<sup>3</sup>.

#### الكثبان الرملية المتحركة:

وتمثل الكثبان الرملية المتحركة التي تحركها الرياح خطراً داهماً على بعض القرى التي تقع على حافة الصحراء، وعلى بعض الواحات وفي بعض الحالات غطت هذه الرمال قرى بأكملها واثلفت حقولها وافسدت تربتها الزراعية... وبعض هذه الكثبان الرملية المتحركة بالغ الارتفاع حتى أنه قد يغطي جذوع النخيل ولا يبقى منها الا قممها التي كانت محملة بالثمار يوماً ما.

وفي كثير من الأحيان تزحف الصحراء بصورة تدريجية لتغطي التربة الصالحة للزراعة وتفسدها، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة "التصحّر" أي تحول الأرض الخصبة القابلة للزراعة إلى صحراء جدد. وتحدث هذه الظاهرة في أفريقيا. وتزحف صحراء عاماً بعد عام نحو الجنوب لتغطي مناطق شاسعة من إقليم السافانا، وتزداد تبعاً لذلك الرقعة التي يحدث بها التصحر كل عام، وتمتد هذه الظاهرة كذلك من البحر الأحمر في شرق أفريقيا إلى المحيط الأطلنطي غرباً.

#### عواصف الرعد والبرق Thunderstorms:

وهي عواصف تنشأ بفعل التيارات الصاعدة Convectonal خلال فترة زمنية قصيرة، وتتخذ عواصف الرعد والبرق أدوارها في سحب المزن الركامية، ويسقط بسببها أمطار غزيرة جداً (قد يسقط خلال العاصفة الواحدة نحو ثلث مليون طن من الأمطار) خلال وقت قصير. وعلى ذلك ينتشر حدوث تلك العواصف في

مناطق متفرقة من سطح الأرض وخاصة في المناطق المدارية الحارة الرطبة، التي تتعرض بكثرة للهواء الانقلابي الصاعد الحار الرطب، ولا تحدث في المناطق التي تتعرض للهواء البارد كما هو الحال عند القطبين.

### ج- تلوث الهواء من حرق الغابات كأحد المصادر الطبيعية:

تتبعث من الحرائق التي تحدث في الغابات والمنابات الأخرى غازات وجسيمات تؤثر على تركيب الغلاف الجوي على الصعيدين المحلي والعالمي. وتشتمل الملوثات الواسعة الانتشار على مواد جسيمية particulate، وعلى أكاسيد النتروجين، وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون. وتعتبر الجسيمات الدقيقة التي يحملها الهواء (والتي يقل قطرها عن 2.5 ميكرومتر) أكثر الملوثات تأثيراً على الصحة. ومن الأرجح أن تترسب هذه الجسيمات في الأجزاء السفلى من الجهاز التنفسي، حيث يمكن أن تؤدي إلى مشكلات صحية متعددة من جراء طبيعتها الفيزيائية والكيميائية. ويزيد استخدام حرائق النباتات بغية تخليص الأراضي من الأعشاب إلى سرعة تغير البيئة وتدهورها. وغالباً ما تكون هذه الممارسات نتيجة للفقر.

ونظراً لما لحرائق النباتات من آثار بعيدة المدى، فإن هذه الحرائق يمكن أن تتطور من كارثة طبيعية إلى طوارئ أشد تعقيداً نتيجة لحركات السكان وأثارها على اقتصاد البلدان المتأثرة وأمنها. وتوفر الدلائل الإرشادية الصحية لمنظمة الصحة العالمية حول حرائق النباتات دليلاً لتنفيذ نظام للإنذار المبكر لحماية الجمهور من الآثار الصحية للدخان والضباب الناتجين عن حرائق النباتات، ومن ثم مساعدة الحكومات على التصدي لهذه الأحداث المتكررة.

### ثانياً: المصادر البشرية للتلوث الهوائي

ويقصد به التلوث الجوي البشري، أي الناجم عن استعمالات المختلفة، من خلال انشطته المختلفة في البيئة التي يعيش بها، سواء كانت هذه الاستخدامات في الصناعة أو في الأنشطة المنزلية والحياتية اليومية.

وبمقارنتها بالمصادر الطبيعية، فإنه مهما تعاظم الملوثات الطبيعية، فمنها أقل من الملوثات البشرية ، كما ان نوعيتها أقل خطورة وتأثيرا علي البيئة الحيوية من نوعية الملوثات التي أحدثها الإنسان في بيئته وعموما فإنه يمكن اجمال الملوثات البشرية للهواء في المجموعات الآتية:

- 1- الملوثات الناتجة عن حرق الوقود لانتاج الطاقة.
  - 2- الملوثات الناتجة عن انبعاث العوادم من وسائل النقل المختلفة.
  - 3- الغازات التي تنطلق من النفايات والمخلفات البشرية بجميع انواعها.
  - 4- الغازات ومركباتها المختلفة وجزيئات الغبار والحرارة المتولدة من المواقع الصناعية.
  - 5- الملوثات التي تنتج من اعمال التعدين والتقيب واستخراج البترول.
- والجدول التالي يبين الملوثات المنطلقة الي الجو سنويا من سطح الأرض بفعل الإنسان (بملايين الاطنان).

### جدول 3-4

#### الملوثات المنطلقة الي الجو سنويا من سطح الأرض

مصدر التلوث	اول أكسيد الكربون	أكاسيد الكبريت	الجزيئات	أكاسيد النتروجين	الهيدروكربونات
وسائل النقل	63.8	0.8	1.2	8.1	16.6
احتراق لوقود	1.9	24.4	8.9	10.0	0.7
عمليات صناعية	9.7	7.3	7.5	0.2	4.6
النفايات الصلبة	7.8	0.1	1.1	0.6	1.6
مصادر مختلفة	16.9	0.6	9.6	1.7	8.5
المجموع	100.1	33.3	28.3	20.6	32.0



## 2-3-4. ملوثات الهواء Air Pollutants

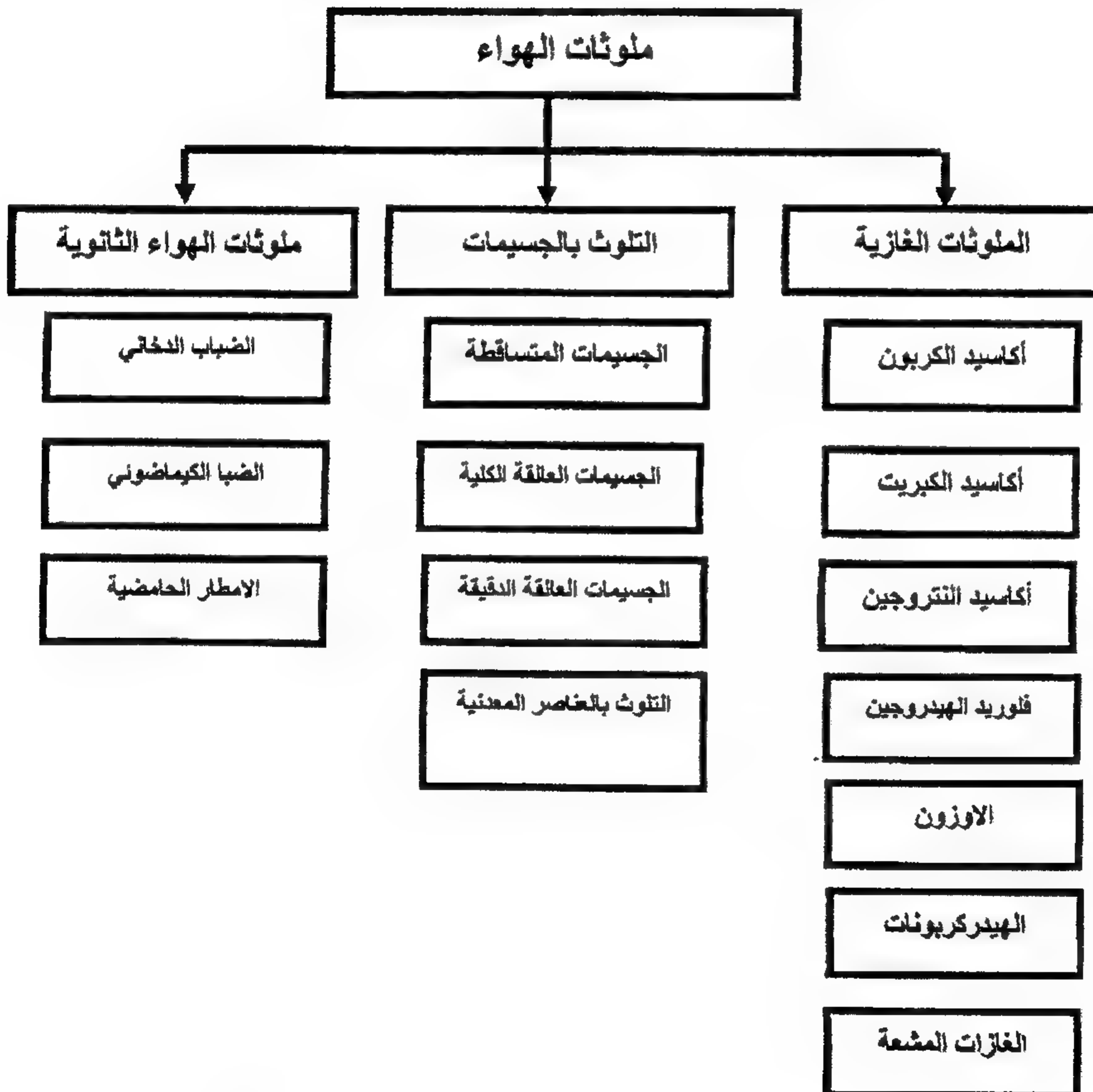
تتقسم ملوثات الهواء عموماً إلى ثلاثة أقسام رئيسية وقد وضع هذا التقسيم بناءً على طبيعة وصفات هذه الملوثات وهي كالآتي:

◇ الملوثات الغازية

◇ التلوث بالجسيمات

◇ ملوثات الهواء الثانوية

ويبين الشكل التالي مخطط لأهم أنواع الملوثات الهوائية.



شكل 1-2 مخطط يبين أنواع الملوثات الهوائية

أولاً: ملوثات الهواء الغازية

## 1- أكاسيد الكربون Carbon Oxides

وهي تشمل غازات اول وثاني اكسيد الكربون اللذان يعدان اكثر الغازات الكربونية تلويثا للهواء.

### (أ) غاز اول أكسيد الكربون CO

من الغازات الشديدة السمية ينتج من الاحتراق غير التام للكربون والمركبات العضوية مثل الفحم وهو من صور الكربون وأيضا بعض الزيوت والشحوم من الآلات والمركبات. وهو من الجزيئات ثنائية الذرة غير المتجانسة وذلك لأنه يحتوي علي عنصرين مختلفين هما الكربون والاكسجين.

ويتولد غاز اول أكسيد الكربون من تفاعل غاز الميثان (الناتج من تحلل المواد العضوية) مع الاوزون. كما تبين المعادلات الآتية:



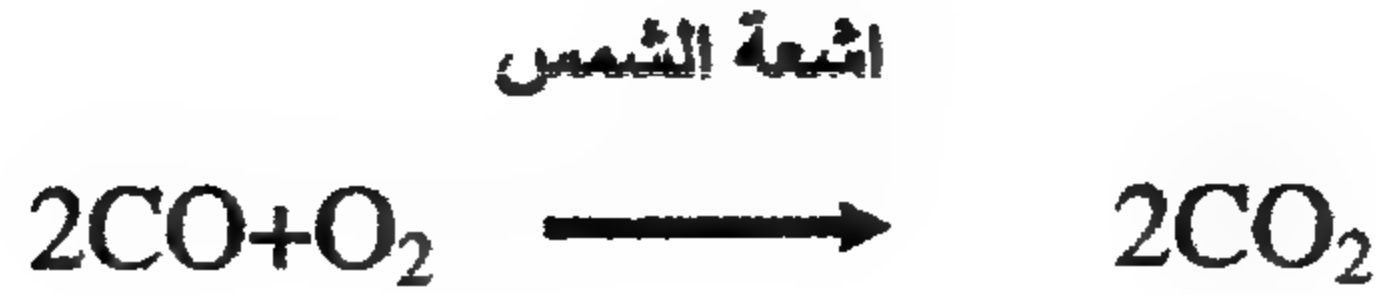
كما يتولد ايضا من تفاعل بعض الفلزات مع أكاسيدها مع الكربون ومحروقاته كما في حالة الزنك.



وعند وجود غاز اول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وبمساعدة الضوء يتولد غاز الفوسجين وهو غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة و شديد السمية اذ كان يستخدم في الحرب العالمية الاولى كغاز سام.

يتميز غاز اول أكسيد الكربون بأنه لا لون ولا طعم ولا رائحة وينحل في بلازما الدم بقدر ما ينحل بالماء، ويوجد بالهواء الطبيعي غير الملوث بتركيز لا يزيد 0.1 جزء في المليون. ويتأكسد في الطبيعة الي غاز ثاني أكسيد الكربون في

وجود ضوء الشمس بنسبة 1 % من حجمه بالساعة طبقا للمعادلة الآتية: طبقا للمعادلة الآتية:



مصادره:

ينتج هذا الغاز بسبب الاحتراق غير الكامل للوقود، وخصوصا في مركبات النقل وذلك لعدم توفر الأكسجين الكافي للاحتراق. كما ان كمية هذه الغاز تتناسب عكسيا مع سرعة المحرك فكلما زادت السرعة قل معدل اطلاقه من المركبة فعندما تكون سرعة المحرك 18 كم /ساعة فان نسبة غاز اول أكسيد الكربون قد تصل الي 5% من مجموع الغازات المنطلقة من العادم. وعندما تصل السرعة الي 110 كم /ساعة تقل النسبة لتصل الي 2 %. مما يفسر الارتفاع الكبير في تركيز اول أكسيد الكربون داخل المدن عنه في الطرق الخارجية.

كما ينتج من العديد من الصناعات مثل مصافي النفط وصناعاته، ومصاهر الحديد والفولاذ وغيرها. كما ينتج هذا الغاز من اكسدة البكتريا لبعض المركبات في التربة. الا ان عوادم السيارات تشكل المصدر الرئيسي لتلوث الهواء بهذا الغاز.

تأثيره على صحة الإنسان:

يعتبر غاز اول أكسيد الكربون من اشد الغازات الملوثة للهواء سمية، ويتغير تأثير هذا الغاز علي صحة الإنسان تبعا لتركيزه. وفي الولايات المتحدة الامريكية فان تركيز هذا الغاز المسموح به هو 9 جزء في المليون.

- عندما يصل تركيزه الي 50 جزء من المليون لمدة ستة اسابيع فان ذلك يؤثر علي عمل القلب والدماغ كما يؤثر علي حدة الرؤيا.
- عندما يصل تركيزه الي 85 جزء من المليون فان فاعلية الدم لنقل الأكسجين تقل بمعدل 15 %.

- التعرض لتركيز 100 جزء من المليون لعدة ساعات يسبب الدوران وصعوبة التنفس وارتخاء العضلات.

- وإذا وصل التركيز 100 جزء من المليون فإن ذلك يؤدي الي الغيبوبة والوفاة

- وعندما يصل التركيز الي 1000 جزء من المليون تحدث الوفاة حالا.

ويعزي ذلك الي قدرة الغاز علي الاتحاد بهيموجلوبين الدم بدلا من الأكسجين مكونا كربوكسي هيموجلوبين، حيث ان قدرته للاتحاد مع الهيموجلوبين تفوق قدرة الأكسجين بـ 250 مرة. وعندما يصل تركيز اول أكسيد الكربون في الهواء الي 120 جزء من المليون فإن تركيز الكربوكسي هيموجلوبين تصل الي 20%، عندما يصل التركيز الي 600 جزء من المليون فإنه يصبح تقريبا كامل الهيموجلوبين محملا بغاز اول أكسيد الكربون.

والجدول التالي يبين التأثيرات التي يحدثها غاز اول اكسيد الكربون عند تركيزات مختلفة.

جدول 2-4

التركيز %	التأثير
1	لا يلاحظ اي تأثير
2-1	تغير في تصرفات الإنسان
5-2	تأثيرات نفسية وعصبية وتؤدي في الشعور بالزمن
اكثر من 5	تأثر القلب والجهاز التنفسي ورغبة شديدة بالنوم والام بالراس

ذلك، نجد أن مواصفات جودة الهواء في الكثير من الدول تنص على ألا يزيد تركيز غاز اول أكسيد الكربون في الهواء عن 3-9 أجزاء في المليون. وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة ( Environmental Protection Agency (EPA الأمريكية، وتتبعها في ذلك الكثير من البلدان العالم، على أنه يجب:



(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز أول أكسيد الكربون في الساعة الواحدة، خلال أي مدة طولها 30 يوماً، 40 ملليجرام/ متر مكعب من الهواء (35 جزء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.

(2) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز أول أكسيد الكربون في الهواء، في أي ثمان ساعات، خلال أي فترة طولها 30 يوماً، تركيز 10 ملليجرام/ متر مكعب من الهواء (9 أجزاء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.

### (ب) غاز ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub>:

عبارة عن غاز عديم اللون و الرائحة، ولكن له طعم غير مقبول ويتراوح تركيزه في الهواء الجاف غير الملوث 300-330 جزء من المليون. وبسبب إطلاق كمية كبيرة من هذا الغاز من مصادر مختلفة علي الصعيد العالمي فقد وصل تركيزه في الهواء الي 346 جزء من المليون عام 1988. ويكون اقل تركيز له في الهواء في النصف الثاني من النهار حيث تكون عملية التمثيل الضوئي في اوجها والتي تستهلك كميات كبيرة من هذا الغاز لانتاج الكربوهيدرات. ويعتقد ان هناك زيادة سنوية لتركيز هذا الغاز تقدر 0.7 جزء من المليون سنويا بسبب احتراق الوقود.

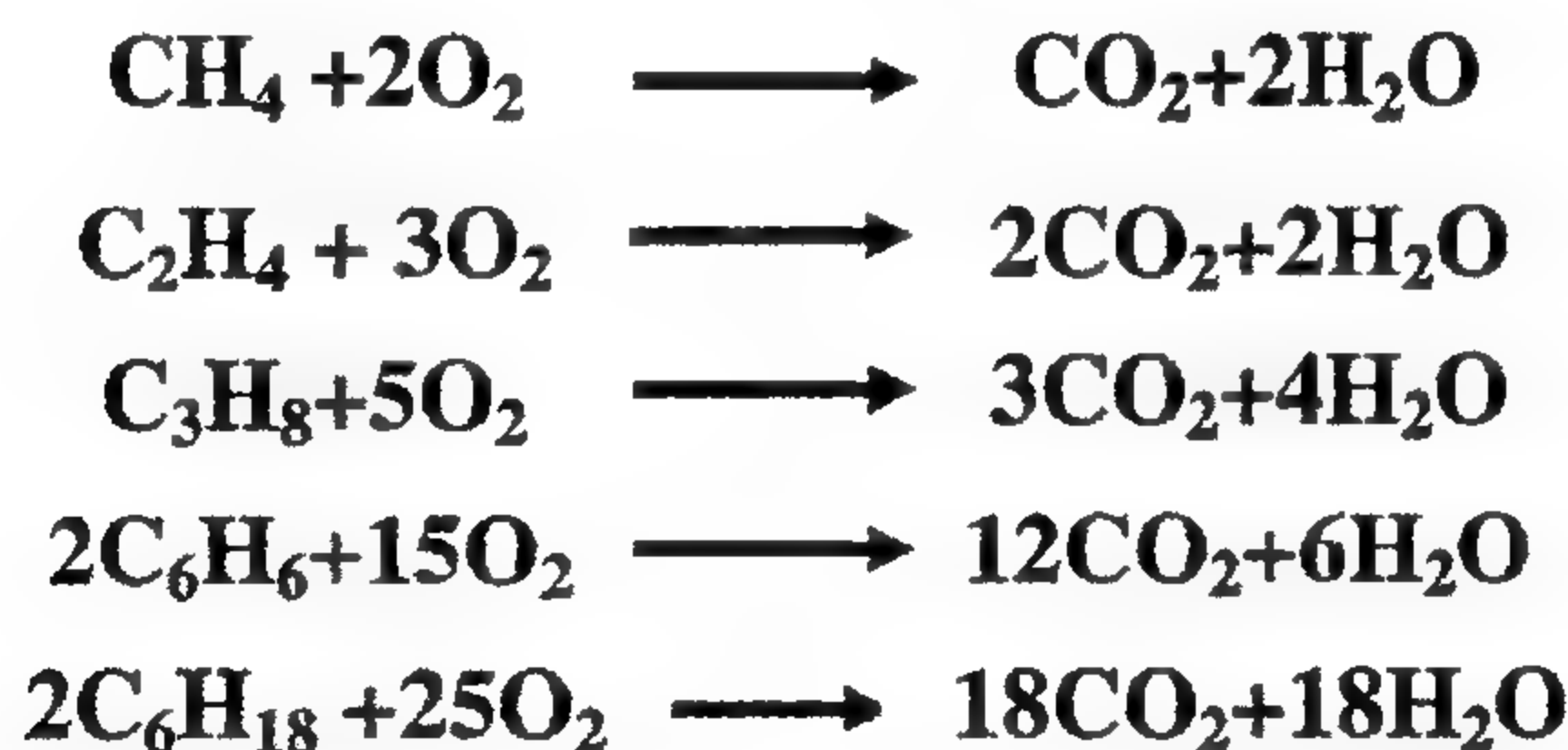
### بالوعات ثاني أكسيد الكربون:

يطلق على الأشياء التي تعمل على إزالة الكربون من الغلاف الجوي بالوعة الكربون. على سبيل المثال، تستهلك النباتات الخضراء ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التخليق الضوئي. أما حرق الخشب والوقود الأحفوري، فيمثلان مصادر لثاني أكسيد الكربون. وتشكل المحيطات مصدراً لثاني أكسيد الكربون ومصباً له كذلك. ويرجع السبب في ذلك إلى أن ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الملامس لسطح المحيط يذوب في الماء، ومن ثم تتم إزالته من الغلاف الجوي. وفي الوقت نفسه، يتم إطلاق ثاني أكسيد الكربون المذاب في الغلاف الجوي. ويتوقف التوازن بين تلك العمليتين على عدة عوامل، كما يتغير بمرور الوقت. وفي

الوقت الحالي، تعد كمية ثاني أكسيد الكربون الذائبة في المحيطات أكثر من تلك التي يتم إطلاقها. ومعنى ذلك، أن المحيطات تشكل في الوقت الراهن بالوعات لثاني أكسيد الكربون.

#### مصادره:

ينتج ثاني أكسيد الكربون عند احتراق المواد الكربونية، حيث يشكل 21 % من مجموع الغازات المتصاعدة من عملية الاحتراق. كما ينتج هذا الغاز إضافة الي بخار الماء من الاحتراق الكامل عند اختلاط الوقود بمواد هيدركربونية مع كمية كافية من الهواء. كما يتصاعد هذا الغاز من صناعات متعددة مثل صناعة الألمنيوم وحمض الفسفوريك والهيدروجين. كما يتصاعد من العمليات البيولوجية ومن تخمر المواد السكرية. الي أنه الاحتراق الكامل للوقود يشكل المصدر الاساسي لتلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون كما توضح المعادلات الآتية:



كما يتضح من المعادلات السابقة فان كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة تعتمد علي نوع الوقود المستخدم. كما ان احتراق المواد البلاستيكية المحتوية علي بوليمرات البولي ايثيلين Polyethylene والبولي استيارين polystyrene عمد حرارة 300-450 درجة مئوية ينتج عنه انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون.

وتشير تقارير الأمم المتحدة إلى أن الأنشطة البشرية تتسبب في إطلاق 177 مليون طن من CO<sub>2</sub> على مستوى العالم، وفي الكويت وحدها أدت حرائق آبار

النفط (حوالي 8 ملايين برميل يوميا) بسبب الغزو العراقي إلى إطلاق حوالي مليوني طن من هذا الغاز في سماء الكويت.

### تأثيره علي صحة الإنسان:

لا يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون مصدر تلوث خطر علي صحة الإنسان والحيوان، حيث أنه يوجد في الهواء الطبيعي بتركيز 345 جزء من المليون. في حين تكون الجرعة القاتلة للإنسان من هذا الغاز 80.000 جزء من المليون. ولكن مصدر خطورته تكون في ازدياد تركيزه بنسبة 0.7 % سنويا. ويعتقد ان تلك الزيادة المستمرة من إطلاق هذا الغاز هي السبب الرئيسي لزيادة درجة حرارة المدن المزدهمة بوسائل النقل. وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة البيوت الزجاجية *Green House phenomenon*.

فعندما تسقط اشعة الشمس المرئية ذات الطول الموجي 0.4-0.75 ميكروميتر عبر الغلاف الجوي فان الحرارة الساقطة يتم امتصاصها من قبل سطح القشرة الأرضية ثم لا تلبث ان تفقدها الأرض في صورة اشعة تحت الحمراء. وعندما يخلو الهواء من الملوثات فان كمية الحرارة الممتصة من قبل سطح الأرض تعادل كمية الحرارة التي تفقدها الأرض وبالتالي لا يحدث تغيير في درجة حرارة الأرض او الغلاف الجوي. ولكن عندما يزيد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء فان هذا الغاز يقوم بامتصاص جزء من الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من سطح الأرض ويحتفظ بها في الغلاف الجوي مما يؤدي الي ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي ومن ثم القشرة الأرضية. ويعتقد أنه اذا بقيت الزيادة في تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون علي ما هي عليه بمعدل 0.4 % في السنة فسيرتفع تركيزه الي 400-551 جزء من المليون عام 2030 وارتفاع حرارة الأرض بمعدل 1.3-2.5 درجة مئوية مما يعني ذوبان كتل وجبال الجليد في المناطق القطبية وسينتج فيضانات واعاصير مدمرة.

وتعتبر الولايات المتحدة هي أكبر منتج لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الإنسان والتي يقول العلماء أنها السبب الرئيسي للغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري.

## 2- أكاسيد النيتروجين Nitrogen Oxides:

يقصد بأكسيد النيتروجين مركبات النيتروجين الغازية والتي تتكون من اتحاد النيتروجين بالأكسجين تحت درجات حرارة عالية كما هو الحال عند احتراق الوقود في الافران او في وسائل النقل وغيرها واهم هذه المركبات اول أكسيد النيتروجين NO وثاني أكسيد النيتروجين NO<sub>2</sub>.

وينتج حوالي 70% من أكاسيد النيتروجين الموجود في الجو من احتراق الوقود داخل السيارات والباقي من الصناعات المختلفة ومن محطات توليد الكهرباء وغيرها.

وتعمل أكاسيد النيتروجين، وخاصة ثاني أكسيد النيتروجين على امتصاص الأشعة الشمسية المرئية، وعندما يصل تركيز ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء إلى 0.25 جزء في المليون، فإنه يتسبب في انخفاض مدى الرؤية. كما تؤثر غازات أكاسيد النيتروجين على نمو وإنتاج النباتات، فعندما يصل تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء إلى 0.5 جزء في المليون لمدة 10-12 يوماً، فإن نمو وإنتاجية الطماطم تتدنى، أما إنتاجية الحمضيات، خاصة البرتقال، فتتدنى عندما يصل تركيز ثاني أكسيد النيتروجين إلى 0.25 جزء في المليون. أما تأثير أكاسيد النيتروجين على الإنسان مباشرة، فتتراوح بين الرائحة غير المستحبة، والحساسية الخفيفة، عندما تكون تركيزها منخفضة، إلى تأثيرات كبيرة على الجهاز التنفسي عندما يصل تركيزها إلى 6-12 جزء في المليون. ويكون هذا التأثير أكثر وضوحاً على الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين عامين وثلاثة أعوام.



غاز عديم اللون وهو لا يساعد علي الاشتعال العادي، ويتكون من اتحاد النيتروجين بالأكسجين في الهواء الجوي بفعل حرارة احتراق الوقود.



ويتحد اول أكسيد النيتروجين بالأكسجين في درجات الحرارة العالية مكونا ثاني أكسيد النيتروجين.



كما يمكن ان يتكون ثاني أكسيد النيتروجين بالتفاعل مع الأكسجين مباشرة



كما ان أول أكسيد النيتروجين ينتج من عمليات التحلل الحيوي بفعل الكائنات الدقيقة، وكذلك من عمليات الاحتراق وبفعل البرق (التفريغ الكهربائي للسحب الرعدية)، والذي بدوره يتفاعل مع الأكسجين الجوي مكونا غاز ثاني أكسيد النيتروجين



(ب) ثاني أكسيد النيتروجين:

غاز بني مصفر وذلك نتيجة امتصاصه للون الاخضر المزرق في وجود اشعة الشمس، كما أنه يتفاعل مع الماء مكونا حمض النيتريك  $\text{HNO}_3$  وحمض النيتروز  $\text{HNO}_2$  الذان يشكلان مصدر للتلوث بالامطار الحامضية. ففي البداية يحدث تفاعل كيموضوي حيث يمتص غاز ثاني أكسيد النيتروجين الأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسي ليتكون اول أكسيد النيتروجين والأكسجين الذري:



ومن ثم يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي مكوناً الأوزون  $O_3$



ومن ثم يتفاعل غاز الأوزون مع الهيدروكربونات مثل الميثان  $CH_4$  والإيثان  $C_2H_6$  والإثيلين  $C_2H_4$  المنبعثة من الاحتراق الكامل وغير الكامل للوقود الأحفوري، مكوناً حمض الأوزوت (النيتريك)  $HNO_3$ .

#### مصادر أكاسيد النتروجين:

تنتقل أكاسيد النتروجين من عوادم السيارات نتيجة احتراق الوقود، كما تتصاعد من احتراق الفحم والغاز الطبيعي ومعظم خامات النفط ومن حرق الفضلات العضوية. كما تنتقل من صناعة البلاستيك والزيوت والتحاس واطارات السيارات. كذلك تنتقل هذه الغازات من صناعة نترات الامونيوم وصناعة حمض النتريك. بالإضافة لتلك المصادر الصناعية تنتقل أكاسيد النتروجين من التفاعلات التي تحدث في الغلاف الجوي. والتي تشكل المصدر الأكبر لهذه الغازات حيث يتكون أكسيد النيتروز  $N_2O$  من خلال الدورة النتروجينية في الطبيعة بفعل البكتريا في التربة ومن أكسدة المواد العضوية النتروجينية، والذي يتحول بدوره الي أكسيد النتروجين باثر الأشعة فوق البنفسجية.



كما ان اول أكسيد النتروجين ينتج من عمليات التحلل الحيوي بفعل الكائنات الدقيقة، وكذلك من عمليات الاحتراق وبفعل البرق (التفريغ الكهربائي للسحب الرعدية)، والذي بدوره يتفاعل مع الأكسجين الجوي مكوناً غاز ثاني أكسيد النتروجين.



## تأثير ثاني أكسيد النتروجين علي الإنسان:

يتفاوت تأثير ثاني أكسيد النتروجين علي صحة الإنسان تبعاً لتركيزه وفترة التعرض، فعندما يصل تركيزه الي 3 أجزاء من المليون يبدأ الإنسان بالتأثر حيث يسبب تهيج الانف والعين. وعموماً اضرار ثاني أكسيد النتروجين كالاتي:

1. يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية ويسبب أضرار في الرئة مثل pulmonary edema.
2. يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للعين.
3. يحدث ضرراً في طبقة الاوزون.
4. يكون الأمطار الحمضية.

كما يعتبر ثاني أكسيد النتروجين من الملوثات شديدة الخطورة لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات الكيموضوئية مكوناً الضباب الكيموضوئي وذلك بوجود الهيدروكربونات و ثاني أكسيدالكبريت واشعة الشمس.

وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (EPA Environment Protection Agency) الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين، في الساعة الواحدة، خلال أي فترة مدتها ثلاثون يوماً، تركيز 660 ميكروجرام من غاز ثاني أكسيد النيتروجين في المتر المكعب من الهواء (0.35 جزء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.

(2) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين، في العام، خلال أي فترة طولها 12 شهراً، تركيز 100 ميكروجرام من ثاني أكسيد النيتروجين في المتر المكعب الواحد من الهواء (0.05 جزء في المليون) في أي موقع. و. غاز الاوزون O3 يتكون غاز الاوزون في الطبقات السفلى من الغلاف

الجوي، عندما يحتوي الهواء على ثاني أكسيد النيتروجين ولو بتركيز قليلة، وذلك عن طريق امتصاص غاز ثاني أكسيد النيتروجين للأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسي لينتج أول أكسيد النيتروجين والأكسجين الذري.

### 3- أكاسيد الكبريت Sulfur Oxides :

توجد أكاسيد الكبريت في الهواء على هيئة ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  وثالث أكسيد الكبريت  $SO_3$ . يُعد ثاني أكسيد الكبريت من أخطر ملوثات الهواء، وهو غاز عديم اللون وغير قابل للاشتعال. يُعد ثاني أكسيد الكبريت من أخطر ملوثات الهواء، وهو غاز عديم اللون وغير قابل للاشتعال. وعندما تكون نسبة الرطوبة في الهواء مرتفعة، فإن ثاني أكسيد الكبريت، يتحول عن طريق التفاعلات الكيموضوئية إلى ثالث أكسيد الكبريت  $SO_3$ ، الذي بدوره يتحد مع قطرات الماء مكوناً حمض الكبريت  $H_2SO_4$ ، وينتج عن ذلك ما يعرف باسم الضباب الدخاني Smog. وتراوح تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء داخل المدن الكبيرة بين 0.01 و 0.2 جزء في المليون، وعندما يصل تركيزه في الهواء إلى 0.1 جزء في المليون، أو أكثر، فإن الرؤية تنخفض إلى حوالي 8 كيلومتر بسبب زيادة التفاعلات الكيموضوئية المكونة للضباب الدخاني. كما أن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء الرطب تزيد من تآكل المعادن وتجويتها، فنجد أن الألومنيوم يزداد معدل تآكله في المدن الملوثة بثاني أكسيد الكبريت، عنه في الأرياف بمعدل 14-17 مرة. ويرجع التآكل السريع لبعض التماثيل والنصب المصنوعة من الأحجار خاصة الحجر الجيري في المدن الكبيرة، مثل تمثال الحرية في مدينة نيويورك بشرق الولايات المتحدة الأمريكية، والأهرامات حول القاهرة في مصر، إلى ارتفاع حموضة الأمطار والضباب الناتج عن ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجو، كما توضح المعادلات الكيميائية التالية:





### مصادر غاز ثاني أكسيد الكبريت:

يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من حرق الكبريت أو الكبريتيد أو مركبات الكبريت بشكل عام. وتتعلق النسبة الكبرى من مركبات الوقود الحفري الذي يحتوي على كبريت مثل الفحم والبتروول. حيث يحتوي النفط الخام على نسبة من الكبريت تتراوح بين 1-5%، كما يحتوي الفحم على نسبة 0.4-0.5% من الكبريت. ويتصاعد هذا الغاز من الصناعات التي يدخل فيها عنصر الكبريت مثل صناعة حمض الكبريتيك. كما ينطلق من صناعات عديدة أخرى كصناعة الأسمدة وصناعة الطوب وصناعة النحاس والدباغة والورق والمطاط والزيوت والنسيج. كما ينتج هذا الغاز من مصادر طبيعية كالبراكين وينابيع المياه المكبرطة ومن تحلل المواد العضوية.

### تأثير ثاني أكسيد الكبريت على الإنسان:

يدخل ثاني أكسيد الكبريت إلى جسم الإنسان من طريق الجهاز التنفسي، ويتم التخلص منه من طريق البول على هيئة كبريتات. ويظهر أثر غاز ثاني أكسيد الكبريت على الإنسان على شكل تخریش شديد للأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي، ما يسبب السعال الجاف، والألم الصدري، والتهاب القصبات الهوائية، وضيقاً في التنفس. أما إذا تعرض الإنسان لتركيز عالٍ لثاني أكسيد الكبريت في الهواء، فإنه يصاب بتشنجات فجائية واختناق. أما التعرض لمدد طويلة ولو لتركيز

منخفضة من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء، تسبب ظهور أعراض تدني في حاسة الذوق، وحاسة الشم، والتهاب القصبات المزمن، والتصلب الرئوي. وقد أظهرت الدراسات التي أجريت في مدينة نيويورك على الأطفال الذين تراوح أعمارهم بين 1-12 سنة، أن الذين يعيشون في اوساط ملوث هوائها بغاز ثاني أكسيد الكبريت يعانون من التهاب القصبات الهوائية بنسبة تزيد بنحو 20% عن الأطفال في الفئة العمرية نفسها، الذين يعيشون في اوساط هوائها غير ملوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت. ويعتبر التركيز 150 جزء من المليون هو الجرعة القاتلة للإنسان من هذا الغاز.

وتتص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (EPA Environmental Protection Agency) الأمريكية، وتتبعها في ذلك الكثير من البلدان في العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الساعة الواحدة، خلال أي فترة طولها ثلاثون يوماً 800 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.28 جزء في المليون)، أكثر من مرتين في أي موقع.

(2) ألا يتعدى متوسط تركيز ثاني أكسيد الكبريت في 24 ساعة خلال أي فترة طولها 12 شهراً 400 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.14 جزء في المليون)، أكثر من مرة واحدة في أي موقع.

(3) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في العام 85 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.03 جزء في المليون) في أي موقع. أما تأثير غاز ثاني أكسيد الكبريت على النبات فيتمثل بشكل أساسي في زوال اللون الأخضر بين عروق الاوراق، حيث يتحول بالتدريج إلى اللون الأصفر أو البني. وكلما ازدادت كمية ثاني أكسيد الكبريت التي تتفد عبر الثغور إلى داخل الاوراق، كلما ازداد الضرر الذي يلحق بالنبات، لذلك، نجد أن العوامل التي تزيد تفتح ثغور اوراق النبات تزيد من تأثير ثاني

أكسيد الكبريت على النبات، بينما تعمل العوامل التي تقلل من تفتح ثغور أوراق النبات، كالإجهاد المائي، على زيادة مقاومة النبات لتأثير ثاني أكسيد الكبريت. وتختلف حساسية النباتات لغاز ثاني أكسيد الكبريت من نوع إلى آخر. فالأنواع الحساسة لتركيز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء، مثل: البرسيم الحجازي تتضرر أوراقه ويحدث لها تلف موضعي في أنسجتها حتى ولو كانت تركيز ثاني أكسيد الكبريت أقل من 0.5 جزء من المليون لمدة ثماني ساعات متتالية. أما الأنواع الأقل حساسية لثاني أكسيد الكبريت، مثل نبتة الفليون، فلا تتضرر إلا عندما يصل تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء إلى 2-3 جزء في المليون، لمدة ثماني ساعات متتالية.

#### 4- كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulfide

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من تخمر المخلفات البشرية السائلة، ومن الصناعات الجلدية وصناعة تكرير النفط وصناعة المطاط، ومن احتراق المواد التي تحتوي على عنصر الكبريت مثل الفحم وبعض المشتقات البترولية. إلا أن المصدر الرئيسي لتلوث البيئة يأتي من تكرير البترول وبعض الصناعات البتروكيمياوية باعتباره أحد مكونات البترول والغاز الطبيعي. كما يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين في كثير من المياه المعدنية (المياه الكبريتية) كما يتصاعد من فوهات البراكين حيث يحترق كثير منه احتراقاً غير كامل إلى كبريت وماء.

وغاز كبريتيد الهيدروجين بأنه غاز سريع التأكسد ليتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت يتفاعله مع الأوزون.



ويتميز غاز كبريتيد الهيدروجين برائحته النفاذة التي تشبه رائحة البيض الفاسد. ويُعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أشد الغازات سُمية، إذ أنه أشد سمية حتى من غاز أول أكسيد الكربون، ويدخل غاز كبريتيد الهيدروجين إلى جسم

الإنسان من طريق التنفس والجلد. ويؤثر في الجهاز العصبي المركزي، ويثبط عملية الأكسدة الخمائرية بسبب تأثيره على الانزيمات الفعالة الخاصة بالتنفس، ما يحدث اضطراباً في التنفس الخلوي. كما يؤثر هذا الغاز في قدرة الإنسان على التفكير، ويهيج الأغشية المخاطية في المجاري التنفسية وملتحمة العين.

ويبلغ تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء المسموح به بين 0.003 و0.008 جزء في المليون. وبمجرد الشعور برائحة غاز كبريتيد الهيدروجين (رائحة البيض الفاسد) يعني أن تركيزه في الهواء قد تعدى الحدود المسموح بها. كما أن التعرض لتركيز 100 جزء من المليون يتلف حاسة الشم تماماً وإذا استمر ساعة يتلف الجهاز التنفسي. كما أن التعرض لتركيز 300 جزء من المليون لمدة دقيقة واحدة يقتل الإنسان.

وبالنسبة لمياه الشرب فتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين بنسبة 70 جزء في المليون (ppm) قد يسبب مشاكل في الجهاز الهضمي. والتعرض المباشر للمياه التي تحتوي على هذه المستويات من غاز كبريتيد الهيدروجين قد تسبب الاحمرار والألم. فقد تتهيج العين في مستويات غاز كبريتيد الهيدروجين المنخفضة في الماء وكذلك التهاب والندوب الدائمة في العين قد تحدث في المستويات المرتفعة. وليس من المؤكد إذا كان التعرض الطويل الأمد للمستويات المنخفضة من الغاز قد يؤدي إلى المرض وقد أظهرت الدراسات مع الحيوانات إن التنفس في مستويات منخفضة من هذا الغاز ولمدة طويلة قد يؤدي إلى تهيج والتهاب الأنف والحلق والرئة ودراسات الحيوانات الأخرى تثبت أن التعرض الطويل المدى لمستويات منخفضة من غاز كبريتيد الهيدروجين في مياه الشرب قد يؤدي إلى مشاكل في الجهاز الهضمي.

وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (EPA Environment Protection Agency) الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:



(1) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء، في الساعة الواحدة، خلال أي مدة طولها 12 شهراً، 200 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.14 جزء في المليون)، أكثر من مرة واحدة في أي موقع.

(2) ألا يتعدى متوسط تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء، في الأربع والعشرين ساعة، خلال أي فترة طولها 12 شهراً، 40 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء (0.03 جزء في المليون)، أكثر من مرة واحدة في أي موقع.

#### 5- فلوريد الهيدروجين Hydrogen Fluoride:

غاز فلوريد الهيدروجين HF ذو رائحة نفاذة، وهو سام ومسبب للتآكل بدرجة كبيرة ويذوب في الماء مكوناً حمض الهيدروفلوريك. وقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز هذا الغاز بالا يزيد عن 0.001 جزء من المليون. وينتج هذا الغاز من العديد من الصناعات كصناعات الحديد والالمنيوم وتكرير البترول والاسمدة، وحمض الفسفوريك والفولاذ والوانى الحديدية وغيرها.

ويسبب هذا الغاز تهيجا لجميع اسطح الجسم الخارجية، خاصة في المناطق الرطبة اذا وصل تركيزه الي 2.5 جزء من المليون. وعند التركيزات العالية فإنه يؤثر علي الجهاز التنفسي ويعمل علي تكلس العظام والتهاب الكبد والكلبي. ويموت الإنسان في خلال عشرة دقائق اذا وصل تركيز الغاز الي 4000 جزء من المليون.

#### 6- الاوزون Ozone

الاوزون جزيء مبنى من 3 ذرات أكسجين وينتج من نشاط الاشعة فوق بنفسجية على جزيئات الاكسجين.

يمتاز الاوزون برائحة مميزة. ووجود غاز الاوزون ضرورياً خاصة في الطبقة العليا من الغلاف الغازي لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة. ويوجد هذا

الغاز بصورة طبيعية في طبقة التروبوسفير ليشغل نسبة 0.02 جزء من المليون. ولكن زيادة تركيزه عن هذه النسبة يعتبر تلوثاً يجب تفاديه وتقليله.

مصادره:

يتكون غاز الأوزون في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي، عندما يحتوي الهواء على ثاني أكسيد النيتروجين ولو بتركيز قليلة، وذلك عن طريق امتصاص غاز ثاني أكسيد النيتروجين للأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسي لينتج أول أكسيد النيتروجين والأكسجين الذري كما توضح المعادلات:



ومن ثم يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي مكوناً الأوزون  $\text{O}_3$



وعندما يكون أول أكسيد النيتروجين متوفراً في الهواء فإن الأوزون يتفاعل معه ما يقلل تركيز غاز الأوزون في الهواء.



إلا أن وجود الهيدروكربونات في الهواء يستهلك أول أكسيد النيتروجين في الهواء من طريق التفاعل ما يحد من تحول غاز الأوزون إلى أكسجين جزيئي، ما يؤدي إلى تراكم غاز الأوزون في الطبقة السطحية من الهواء، ويكون مصاحباً لتكون الضباب الدخاني Smog. ومع أن وجود غاز الأوزون ضرورياً خاصة في الطبقة العليا من الغلاف الغازي لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة، إلا أنه عندما يزداد تركيزه في الطبقة السطحية من الغلاف الغازي يتسبب في أضرار صحية كثيرة أهمها حساسية الأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي والعيون، وتورمات غريبة في أنسجة الرئتين.

الجدول التالي تأثيرات الاوزون حسب التركيز وفترة التعرض.

جدول 2-5

تركيز الاوزون في الهواء (جزء من المليون)	فترة التعرض	التأثير
0.02	ساعة واحدة	تخريب المواد التي يدخل في تركيبها المطاط
0.03	8 ساعات	تأثيرات ضارة على النبات
0.05	ساعة	تهيج في الانف والحنجرة وجفاف الجزء المخاطي من الجهاز التنفسي
0.1	ساعة	تشنج في قصبات الجهاز التنفسي
0.3	أقل من 8 ساعات	تهيج الحلق وتشنج الرئتين
2	ساعتين	سعال شديد وتغيرات كيميائية في بروتينات الرئتين
10-5	4/1 ساعة	التهاب حاد ونزيف رئوي

أما تأثير غاز الاوزون على النبات فيتمثل في تبقع الاوراق وتبرقشها، خاصة في العنب والبرسيم والبطاطس، والقمح، وتغير نفاذية الأغلفة الخلوية، وإعاقة نشاط الإنزيمات، وتخریب الشبكة الإندوبلازمية الداخلية، وتقليل معدل البناء الضوئي.

كما يؤثر غاز الاوزون على الأصبغة المستخدمة في تلوين المنسوجات، ويخرب المطاط، خاصة المطاط المستعمل في صناعة إطارات السيارات. وتتص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (Environmental Protection Agency (EPA الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:

- ألا يتعدى متوسط تركيز الأوزون، في الساعة الواحدة، تركيز 235 ميكروجرام من الأوزون في المتر المكعب من الهواء (0.12 جزء في المليون).
- ألا يتعدى متوسط تركيز الأوزون خلال ثمان ساعات 157 ميكروجرام من الأوزون لكل متر مكعب من الهواء (0.08 جزء في المليون).

### نضوب طبقة الأوزون Depletion of Ozone Layer

كما ذكرنا من قبل يوجد الأوزون بصورة طبيعية في طبقة التروبوسفير التي تسمى طبقة الأوزون ووجود غاز الأوزون ضرورياً خاصة في الطبقة العليا من الغلاف الغازي لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة ذات الموجات القصيرة وبالتالي منعها للوصول الي سطح الأرض.

ويوجد الأوزون في هذه الطبقة في حالة توازن مستقر، إذ ان سرعة تولده من الأكسجين تساوي تقريباً سرعة اختفائه (سرعة انحلاله الي جزيئات اكسجين) وهذا يعني أنه في ظل هذا التوازن فان سرعة التفاعل التالي في احد الاتجاهين يساوي سرعته في الاتجاه المضاد كما في المعادلة التالية:



الا ان اقحام مواد كيميائية ووصولها لطبقة الأوزون يعمل علي تهتك حاجز الأوزون وتدميره مثل أكاسيد النتروجين وبخار الماء ومركبات الفلوكلوركربون المستعملة في اجهزة التبريد، حيث تعمل هذه الملوثات علي تحويل الأوزون في هذه الطبقة الي اكسجين، مما يعطي الفرصة للأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات القصيرة من النفاذ لسطح الأرض واحداث اثرها المدمر علي الكائنات الحية. ويمكن تلخيص التأثير الذي يحدث لطبقة الأوزون من جراء وجو أكاسيد النتروجين في المعادلات الآتية:





وتدخل نواتج هذا التفاعل في تفاعلات متسلسلة كما في المعادلتين الآتيتين:



أما مشتقات مركبات الفلوكلوركربون فأنها تنشط بامتصاص طاقة الأشعة فوق البنفسجية منتجة ذرات كلور نشطة كما في التفاعلات الآتية:



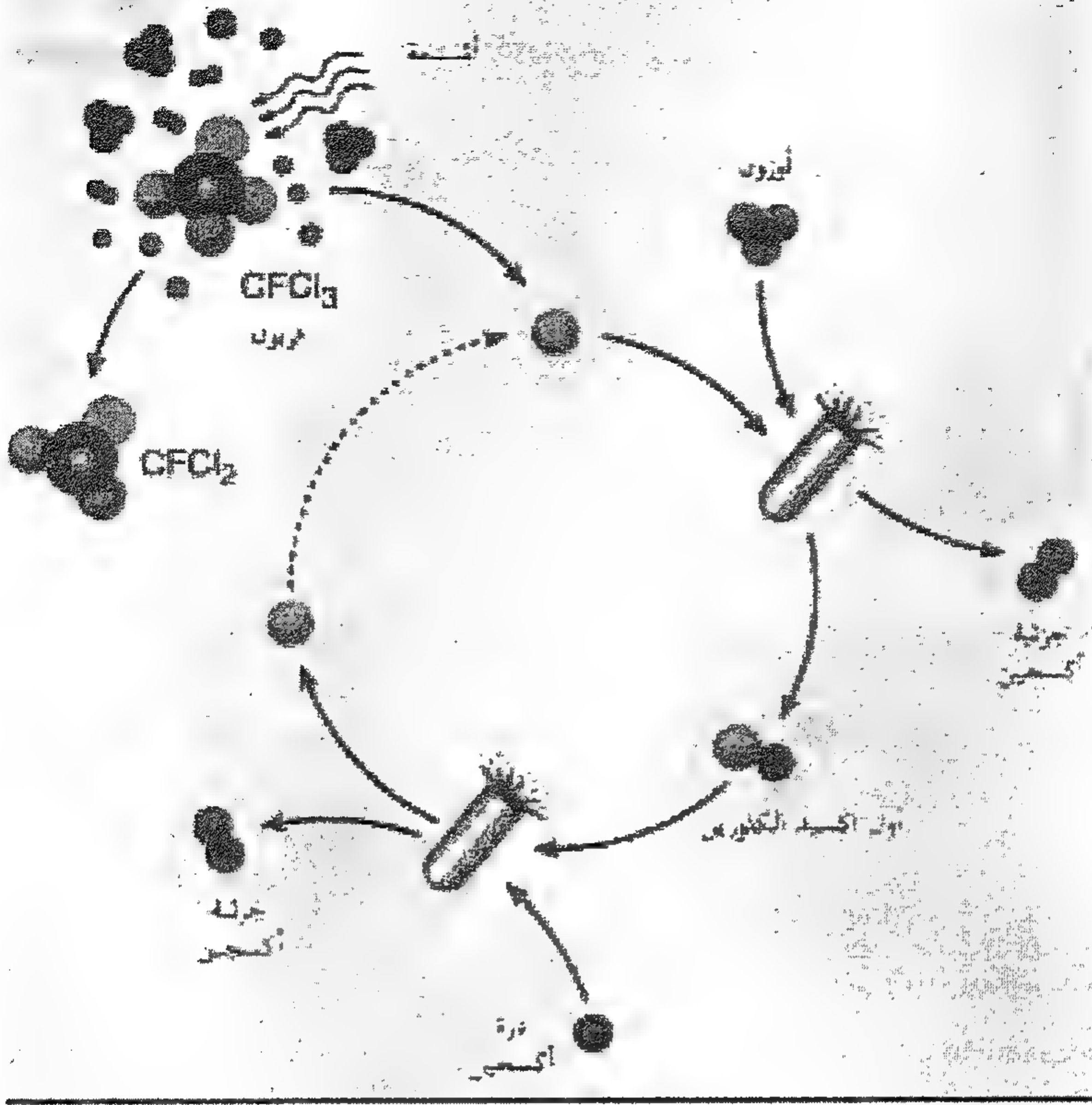
يلي ذلك قيام الكلور النشط الذري بتدمير جزيئات الأوزون علي النحو التالي:



وتستمر سلسلة التفاعلات علي هذا النحو لحدوث أكبر تدمير ممكن لطبقة الأوزون بسبب ان الكلور الحر يتولد تلقائياً من تكرار حدوث التفاعلات.

وقد تبين أن كل ذرة كلور واحدة قادرة على تخريب (100.000) مائة ألف جزيئة أوزون. وقد قدر خبراء البيئة بأنه لو توقف العالم عن إنتاج و استخراج المواد المستنفدة لطبقة الأوزون بشكل تام ونهائي الآن فإن عودة تراكيز الأوزون إلى وضعها السليم في الاستراتوسفير يحتاج إلى 40 سنة كاملة.

إن الخطر الذي يهدد طبقة الأوزون لم يكن معروفاً و واضحاً للعالم حتى عام 1974 حيث نشر مقال علمي شد انتباه العلماء حول احتمال تآكل طبقة الأوزون بفعل انتشار استخدام مواد كيميائية جديدة مثل مركبات الكلورو فلورو كربونات بفعل تطور الحياة المدنية.



شكل 3-4 يبين تأثير الكلورين على الأوزون

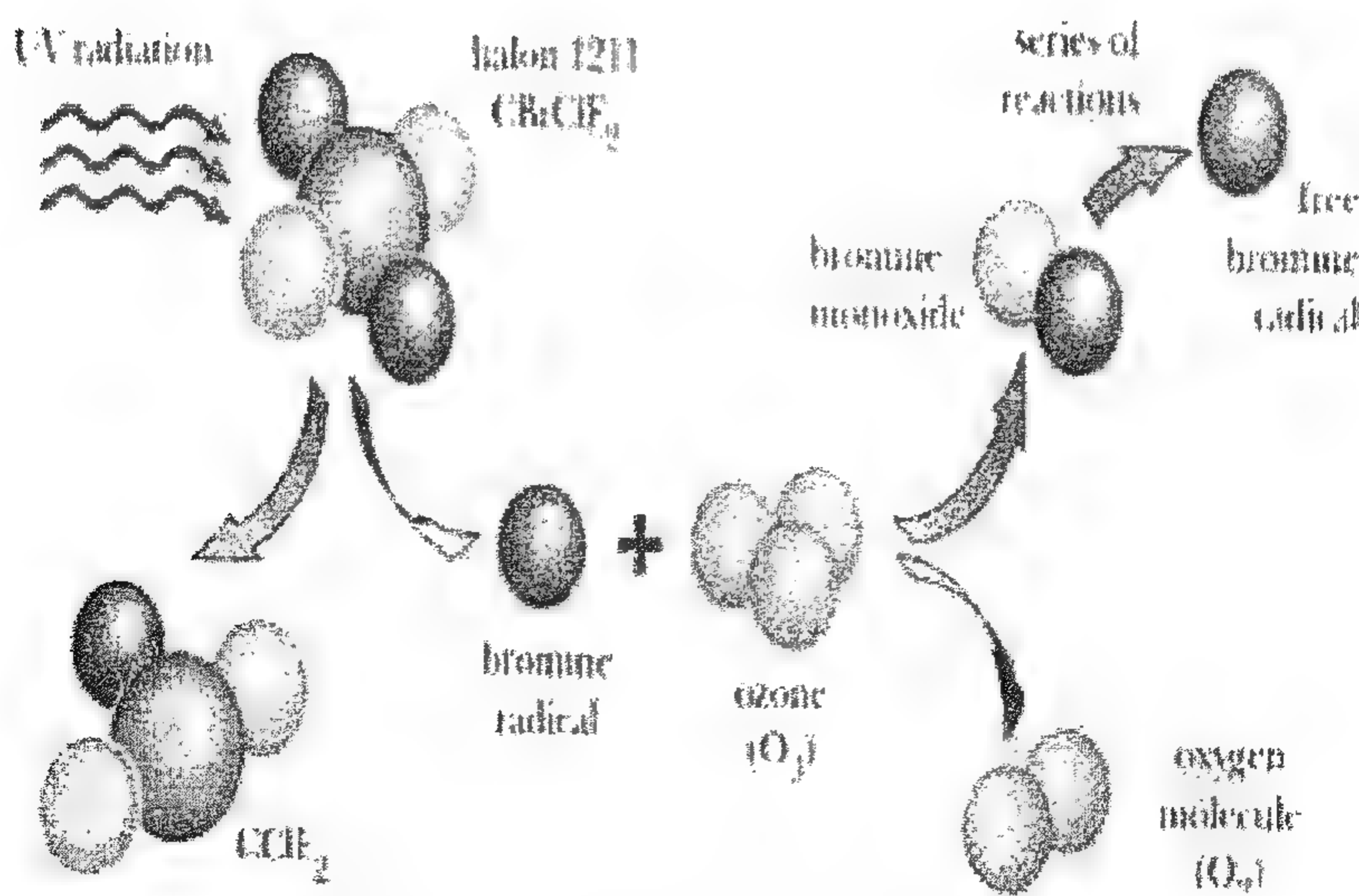
ولقد انقضى زهاء عقد وأكثر قبل أن يتوفر الدليل العلمي على حدوث هذا الاختلال في طبقات الجو العليا نتيجة لزيادة تراكيز عنصري الكلور والبروم في الجو الناتج عن تفكك مركبات الكلورو فلوروكربونات والهالونات حيث ثبت حدوث انخفاض شديد في الأوزون الاستراتوسفيري تشكل ما يسمى "ثقب الأوزون". وأصبح العمل على تدارك هذا الخطر الكبير أمراً واجباً على العالم بأسره. وتوجهت الجهود الدولية بتوقيع اتفاقية فيينا و بروتوكول مونتريال

وقد توقع العلماء في تلك الفترة أن تصل مستويات مركبات الكلورو فلوروكربون في الجو إلى ذروتها حوالي عام 2000، وبالفعل فقد سجلت وكالة

ناسا الأمريكية عند رصدها لهذه الطبقة تدهورا كبيرا بلغ حوالي 28.3 مليون كم<sup>2</sup> في منطقة القطب الجنوبي.

أهم المركبات الضارة بالاوزون:

1. CFCs الكلورفلوركربون و HCFCs الهيدروكلوروفلوروكربون والمستخدمة في أجهزة التبريد والتكييف المنزلية والتجارية والصناعية، وفي أجهزة تكييف السيارات. وكذلك المستخدمة في العبوات المضغوطة، كالعطور والمبيدات الحشرية والأدوية كما تستخدم في صناعة الرغاوي (الإسفنج الصناعي).
2. بعض المذيبات المستخدمة في تنظيف الأجزاء الميكانيكية والمعدنية والدوائر الإلكترونية.
3. بروميد الميثيل المستخدم كمبيد حشري في التخزين وتعقيم التربة الزراعية.
4. أكاسيد النيتروجين التي تنطلق من الأسمدة azotية ومن الطائرات ومن التفجيرات النووية.



شكل 4-4 يوضح تأثير الهالونات على طبقة

## مواد جديدة تضاف إلى قائمة مدمرات طبقة الاوزون<sup>[١٠]</sup>:

يخضع إنتاج واستخدام الغازات المستفزة للاوزون (فلورو كلورو كربون) لضوابط قانونية صارمة نصت عليها بنود بروتوكول مونتريال وهي الاتفاقية العالمية حول إطلاق المواد المستفزة للاوزون، ومن الملاحظ بجلاء أن هذا البروتوكول العالمي سيطر بشكل محكم على مادة الكلور ولكنه اغفل الكثير من مركبات البرومين، ومما يثير قلق علماء البيئة هو وجود عدد كبير من مركبات البرومين الجديدة والخطيرة التي لم يتم إدراجها في بروتوكول مونتريال، وقد حددت أمانة الاوزون التابعة لبرنامج البيئة في الأمم المتحدة على الأقل أربع مركبات كيميائية محتملة، لكل منها 15 اسما مختلفا، وهذه المواد الكيميائية المتهمه هي:

1. هكسا كلورو بيوتادين، مادة مذيبة، وناتج جانبي في صناعة المواد الكيميائية المكلورة.

2. بروميد البروبيل النيتروجيني، مادة مذيبة، وتبلغ الكمية المنتجة منها سنويا حوالي 10 آلاف طن ويتوقع أن يرتفع الإنتاج العالمي منها إلى 25 ألف طن في عام 2010.

3. مادة 6 برومو 2 ميثوكسيل نفتالين، وهذه المادة تستخدم في إنتاج ميثيل البروميد المشمول ببروتوكول مونتريال.

4. الهالونات 1202، وهي مادة تستخدم لإطفاء الحرائق شديدة الفعالية.

هذه بعض أهم مركبات البرومين المدمرة للدرع الواقي للأرض (طبقة الاوزون) والتي يسعى علماء البيئة والمناخ لضمها لقائمة المواد ممنوعة الاستخدام والإنتاج عالميا، على أمل أن لا يتفاقم الوضع البيئي سوءا خلال السنوات القليلة القادمة.



## مقاومة المسببات الكيميائية لتآكل طبقة الاوزون<sup>[\*]</sup> :

كما ذكرنا من قبل ان المواد الكيميائية المتصاعدة من العديد من المصانع الكيميائية، والغازات المنطلقة من الطائرات النفاثة، والصواريخ الحاملة للاقمار الصناعية، احدثت ثقباً في طبقة الاوزون، والتي تحمي سطح الارض من اختراق الاشعة فوق البنفسجية. ولذلك اهتم الباحثون بدراسة الحلول الممكنة لحماية طبقة الاوزون من اخطار التآكل بواسطة المسببات الكيميائية.

ومن الطرق المقترحة للوقاية ما يلي:

### أ- استخدام مرشحات كيميائية:

يمكن - من خلال استخدام مرشحات من مواد فائقة الخواص في امتصاص الغازات الكيميائية الصادرة من وسائل المواصلات الحديثة كطائرات النفاثة، والصواريخ، وتقليل نسبة الملوثات الناتجة عن انطلاق هذه الكيماويات. وهذه المرشحات هي مرشحات بكتيرية تحتوي علي بكتريا نشطة يمكنها امتصاص المواد الكيماوية، يتم تصميم هذه المرشحات بطرق خاصة، ويراعي في عمليات التصميم ان تتوافق المرشحات البكتيرية تلك مع الظروف المحيطة بها، كالارتفاع في درجة الحرارة، أو التعرض لظروف ضغط شديد.

### ب- استخدام مواد في الغلاف الجوي مانعة لتصادم الكيماويات:

يدرس العلماء امكانية اضافة مواد كيميائية للغلاف الجوي تمنع نفاذ المسببات الكيميائية لتآكل طبقة الاوزون، حيث يتم اضافة هذه المركبات بطرق كيميائية او فيزيائية او طرق حيوية، حيث يتم هندسة بعض البكتريا لاضافة المكونات المانعة لنفاذ مسببات التآكل الكيميائية دون غيرها من المركبات، ومن ثم فالمركبات المانعة تتميز بقدرتها الاختيارية العالية فهي تسمح بنفاذ مركبات معينة، وتمنع نفاذ مسببات التآكل. واستخدام تلك التقنية سيوفر حماية لطبقة الاوزون بما يضمن لنا بيئة متزنة حرارياً وكيميائياً.

---

[\*] الهندسة الوراثية وابحاث البيئة د/ عبد الباسط الجمل.

ج- استخدام المعالجات الكيميائية لاعادة لحام ثقوب المتكونة بطبقة الازون:

من احدث الدراسات الكيموبئية المقترح تنفيذها بعد نجاح التجارب الاولى لها استخدام المواد الكيميائية لاعادة لحام ثقوب المتكونة بطبقة الازون، والتي كانت سببا مباشرا في اختراق الاشعة فوق البنفسجية لسطح الارض واحداثها لسرطان الجلد ورفع درجة حرارة الارض.

يتم اعداد الخلطات الكيميائية اللاحمة في المعامل الكيموبئية، ثم يتم تحميلها علي رؤوس صاروخية مصممة هندسة كحوامل لتلك المواد، ثم يتم اطلاق تلك الصواريخ بما تحمله من الخلطات الكيميائية اللاحمة، من منصات اطلاق تعمل عن طريق وحدات تحكم حاسوبية، حيث يساعد ذلك في وضع الحمولات الكيميائية علي الصوارخ المنطلقة في مكان الثقوب الازونية الحادثة، من خلال برامج توجيه حاسوبية معدة سلفا، ومشفر بها المسافات التي تتحركها الصواريخ، وموضع ثقب الازون، ومساحته وعدد الثقوب الموجودة.

يتم متابعة انطلاف الصواريخ وافراغ حمولتها في المكان الصحيح الذي تم التوجيه اليه، ويراعي في الخلطات الكيميائية المعدة في المعامل الكيموبئية الا تتفاعل مع اي مركبات كيميائية في الطبقة الازونية، وان تكون ذات كفاءة بنائية عالية، مما يسمح ببناء وترميم الثقوب الازونية المتكونة بما يتلائم مع التركيب الكيميائي لتلك الثقوب، ويمكن ايضا تلك المراحل في الشكل التخطيطي التالي:

تصنيع الخلطات الكيميائية معمليا



اجراء التجارب الاولى لاختبار فعالية الخلطات الكيميائية  
من خلال عمليات المضاهاة الأوزونية



تحميل الخلطات الكيميائية رؤوس صاروخية تعمل  
من خلال وحدات تحكم وفقا لبرامج معدة من قبل



اطلاق الصواريخ المحملة بالخلطات الكيميائية



متابعة عمليات الاطلاق وما بعد عمليات الاطلاق  
من خلال اجهزة الرقابة الاليكترونية



وضع الخلطات الكيميائية في مكانها الصحيح من طبقة الأوزون



التحام الرقع الكيميائية (الخلطات ) مع باقي مكونات  
الطبقة الأوزونية في موضع الثقب



اكتمال ترميم الثقوب الأوزونية

## جدول 4- 6

### معدل انبعاث الملوثات من أنواع الوقود المختلفة

الوقود	مقدار الملوثات (كجم/كجم وقود)			
	ثاني أكسيد الكربون	أول أكسيد الكربون	ثاني أكسيد الكبريت	أكاسيد النيتروجين
المازوت	3.16940	0.000400	0.0400	0.005640
السولار	3.08137	0.000360	0.0152	0.001487
الغاز الطبيعي	2.01000	0.000042	0.0000	0.001250

## 7- الهيدروكربونات Hydrocarbons

الهيدروكربونات هي المركبات المكونة من عنصري الكربون والهيدروجين، مثل غاز الميثان  $CH_4$ ، والإيثان  $C_2H_2$ ، والإيثيلين  $C_2H_4$  والبنزبيرين  $C_{20}H_{12}$ .

ومعظم الهيدروكربونات المسببة لتلوث الهواء تحتوي جزيئاتها على 12 ذرة كربون أو أقل، وهي إما أن تكون غازات أو سوائل ممطيرة (سريعة التبخر).

ويُعد المصدر الأساسي لهذه الغازات في الهواء الاحتراق الكامل وغير الكامل للوقود. وتسهم السيارات بنحو 50% من غازات الهيدروكربونات المنبعثة في الهواء، ويعتمد معدل انبعاث هذه الغازات مع عادم السيارات على سرعة السيارة وتسارعها. فعندما تسير السيارات على الطرق السريعة بسرعة ثابتة من 85-90 كيلومتراً في الساعة، تكون كفاءة محرك السيارة مرتفعة، وبالتالي يكون معدل انبعاث هذه الغازات مع عادم السيارة منخفضاً. أما في داخل المدن، حيث تضطر السيارات إلى تقليل السرعة ثم التسارع، فإن كفاءة المحرك تقل مما يجعل احتراق الوقود فيه غير كامل وبالتالي يزداد معدل خروج الهيدروكربونات مع عادم السيارات إلى الهواء. ويُعد البنزبيرين  $C_{20}H_{12}$  Benzoperene من أشد المركبات الهيدروكربونية ضرراً على الإنسان، إذ يُجمع الباحثون على أنه من أهم المواد المسببة للسرطان. وينتج مركب البنزبيرين من احتراق الوقود، ومن

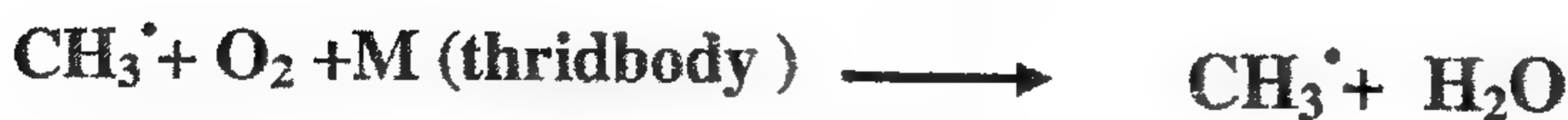


القار المستخدم في الطرقات، وصناعة المطاط والسجائر. وتصل كمية ما يستنشقه الإنسان من مركب البنزبيرين في بعض المدن ما يعادل الكمية المتحصل عليها من عشرات السجائر. فقد قدر أن كمية البنزبيرين الذي يستنشقه الإنسان في مدينة ديترويت بولاية منشجان بشمال الولايات المتحدة الأمريكية تعادل كما لو دخن 37 سيجارة يومياً، أما في مدينة برمنجهام البريطانية فتصل كمية البنزبيرين الذي يستنشقه الإنسان يومياً ما يعادل تدخين 50 سيجارة.

والهيدروكربونات في وجود اكاسيد النتروجين تعد المسئول الرئيسي لتكون الضباب الكيموضوي photochemical smog. وتحدث كثير من التفاعلات الكيميائية والكيموضوية وينشأ من هذه التفاعلات كثير من الملوثات الثانوية والملوثات (المركبات) الوسيطة. ويعد الميثان من أكثر الهيدروكربونات المنبعثة والمنطلقة الي الهواء.



والتفاعلات الكيموضوية للهيدروكربونات مثل الميثان والالدهيدات والالكانات ينتج عنها كثير من الشقوق الحرة free radicals كما توضح المعادلات الآتية:





## 8- الغازات المشعة:

تنبعث هذه الغازات من المواقع التي تستخدم المواد المشعة واهمها محطات الطاقة النووية وبتلوث الهواء الجوي خلال انطلاق الغازات المشعة كالرادون من مصانع تعدين المواد النووية كاليورانيوم والثوريوم وخاصة خلال عمليات التفكك والطحن في مصانع التعدين، وبتلوث الهواء الجوي ايضا اثناء تحضير سبائك اليورانيوم، اما المصانع الكيميائية التي تعمل علي عزل النظائر فان الملوثات التي تنتشر في الجو هي غبار واكسيد اليورانيوم أو الثوريوم ومركبات غازية اخري مثل فلوريد اليورانيوم، ويصاحب العناصر المشعة الغازية دقائق الفا وبيتا واشعة جاما مما يزيد من خطورتها. ويتعرض للاشعاعات الصادرة من المفاعلات العاملين فيها والساكنين في الضواحي القريبة وذلك نتيجة قذف الملوثات من المداخل المختلفة. اما في حالة حدوث اعطال مفاجئة او انفجارات في المفاعلات فان الخطر سيهدد مساحات شاسعة تصل الي مئات الكيلومترات بل الاف الكيلومترات كما حدث في حادثة تشيرنوبل وللتقليل من تأثير هذه الغازات يفضل إعادة استخدامها قدر الامكان، أو تخزينها حتي تفقد قدرتها وفعاليتها. وتستخدم مداخل عالية مرتفعة لتشتيت الملوثات المشعة بعد توفير الظروف المناخية المناسبة. ووجد ان اعلي تركيز للملوثات المشعة يكون علي بعد 1-2 كم من المدخنة.

وعند احتواء هذه الغازات علي جسيمات صلبة فان هذه الجسيمات تزال قبل انبعاث الغازات الي الخارج.

وتستخدم أيضا المرشحات الفائقة الفاعلية Ultra high efficiency Filters للسيطرة علي التلوث الاشعاعي وغالبا ما تزال الملوثات المشعة من مجري الهواء عن طريق:

- أمرار الهواء خلال مرشحات التي تعمل بالقوة الطاردة المركزية.
- الغسل بمحاليل قلوية.
- الازالة بالتبريد.

- الازالة بالفحم المنشط او طبقات الفحم المتعددة.

وتعتمد اختيار طريقة ازالة الملوثات المشعة من الهواء علي:

◇ حجم الهواء

◇ تكلفة تنقية الهواء

◇ مخاطر المادة المشعة

وتوضع المرشحات غالبا عند الساحبات الهوائية للمختبرات المواد الاشعاعية او قنوات الدواليب الطاردة للأبخرة Fume Hoods. ويتم فحص واستبدال هذه المرشحات باستمرار، وكذلك قياس تراكيز الاشعاعات في الهواء المحيط بالمختبرات والمخازن والغرف والمصانع الاشعاعية للتأكد من سلامة العاملين وعدم تخطيهم للجرعات الاشعاعية المؤثرة.

### ثانياً: تلوث الهواء بالجسيمات Air Pollution by Particulates

تعرف الجسيمات بأنها ما يحمله الهواء من دقائق صلبة او سائلة تنطلق اليه من مصادر عديدة باحجام واشكال واللوان مختلفة وبتركيب كيميائي مختلف. وتنتج الجسيمات اما من مصادر طبيعية او كم أنشطة الإنسان المختلفة. وكما يلعب التركيب الكيميائي للجسيمات الملوثة للهواء دورا كبيرا في الآثار الناتجة عن تغير الحلقات البيئية، فان حجم الجسيمات اهمية كبرى حيث يحدد مسار وتأثير الجسيمات علي الإنسان والحيوان والنبات والجماد.

يتراوح حجم الجسيمات الملوثة للهواء ما بين 0.0001 الي 500 ميكروميتر ويمكن لهذه الجسيمات ان تبقى عالقة في الهواء لزمان يتراوح بين ثوان الي عدة سنوات. ويمكن تصنيف الجسيمات تبعا لحجمها الي ما يلي:

### 1. الجسيمات المتساقطة **Settling Particulates**

وهي تلك الدقائق التي لا تلبث ان تعود الي الأرض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الأرضية، ويطلق عليها اسم الغبار الساقط، ويزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة ميكرومترات، وهذه الجسيمات لها تأثير علي العيون والمنشآت الصناعية والابنية والممتلكات ولها تأثير خفيف علي المجاري التنفسية للإنسان لان شعيرات الانف تعمل علي حجز وترسيب جزء كبير منها وخاصة الجسيمات التي يزيد قطرها عن مائة ميكروميتر.

وقد بلغ كمية الغبار الساقط علي لندن في احد السنوات حوالي 23 طن / كم<sup>2</sup> /شهر، وحوالي 33 طن /كم<sup>2</sup> /شهر علي مدينة اوزاكا اليابانية. علما بان الحد المسموح به هو 9 طن /كم<sup>2</sup> /شهر.

### 2. الجسيمات العالقة الكلية **Total Suspended Particulates**

يرمز لهذه الجسيمات بالرمز TSP Total Suspended Particulates

وهي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين 0.1 الي 10 ميكرومترات وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء، ام معدل ترسيبها فهو بطيء نسبيا ويتوقف علي الظروف الطبيعية من رطوبة او رياح او حرارة وغيرها. وتعتبر الجسيمات العالقة اخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن ان تصل للرئتين وتستقر هناك.

وبعض هذه الجسيمات كبير او قائم اللون بما فيه الكفاية لكي يرى بالعين المجردة مثل الدخان، والبعض الآخر صغيراً جداً بحيث لا يكشف إلا بالمجاهر الإلكترونية.



وعادة تنتج الجسيمات العالقة التي لا يزيد قطرها على 2.5 ميكرومتر من احتراق الوقود في محركات السيارات، ومحطات توليد الكهرباء، والمصانع، وحرق الأخشاب. أما الجسيمات الأكبر من 2.5 ميكرومتر فتنتج عادة من حركة السيارات على الطرق غير المعبدة، والكسارات، وتذرية الرياح، وثوران البراكين. وتتراكم هذه المواد العالقة في الهواء في الجهاز التنفسي وينجم عنها تأثيرات صحية متعددة. فعند التعرض للمواد العالقة الكبيرة يحدث تهيج للجهاز التنفسي كما هو الحال في مرض الربو. أما المواد العالقة الدقيقة فينجم عنها عدة مشكلات أهمها زيادة الحالات الإسعافية، والتنويم بالمستشفيات المتعلقة بأمراض القلب والرئتين، وتدني في كفاءة عمل الرئتين، وأحياناً الموت المبكر. ويتعدى تأثير هذه المواد العالقة المشكلات الصحية ليشمل تدني الرؤية، وما تسببه من مشكلات، وتدمير للألوان والدهانات ومواد المباني.

وتنص مواصفات جودة الهواء Ambient Air Quality Standards من قبل وكالة حماية البيئة (EPA) (Environment Protection Agency) الأمريكية، وتتبعها في ذلك العديد من بلدان العالم، على أنه يجب:

(1) ألا يتعدى المتوسط الحسابي السنوي لتركيز المواد العالقة، التي لا يتجاوز قطرها 10 ميكرومتر، 50 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد.

(2) ألا يتعدى المتوسط الحسابي اليومي لتركيز المواد العالقة، التي لا يتجاوز قطرها 2.5 ميكرومتر، 150 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد.

(3) ألا يتعدى المتوسط الحسابي السنوي لتركيز المواد العالقة في الهواء التي لا يتجاوز قطرها 2.5 ميكرومتر، 15 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد من الهواء.

(4) ألا يتعدى المتوسط الحسابي اليومي لتركيز المواد العالقة في الهواء، التي لا يتجاوز قطرها 2.5 ميكرومتر، 65 ميكروجرام في المتر المكعب الواحد من الهواء.

### 3. الجسيمات العالقة الدقيقة Fine Suspended Particulates

وهذه الجسيمات صغيرة جدا وقطرها اقل من 0.1 ميكروميتر، ومن الصعب ترسيبها ولها حركة عشوائية وقد تتجمع مع بعضها البعض ليزداد حجمها الي اكثر من 1 ميكروميتر. ويصل عددها في الهواء النقي الي عدة مئات في السنتيمتر المكعب، اما في الاجواء الملوثة فيصل عددها الي اكثر من 100 الف في السنتيمتر المكعب. ولا تشكل هذه الجسيمات خطرا كبيرا علي صحة الإنسان، مع أنها تصل الي الرئتين بسهولة، حيث تستطيع الرئتين نفثها اثناء الزفير.

كما أنه يمكن تصنيف الجسيمات الملوثة للهواء تبعا لطبيعتها الي الأنواع التالية:

1. جسيمات الغبار Dust Particles هي مواد دقيقة صلبة وغالبا ما تكون خاملة كيميائيا.

2. جسيمات السناج او السخام Soot Particles وهي عبارة عن تجمع لذرات الكربون المنبعثة من احتراق الوقود والمواد العضوية.

3. جسيمات الرماد Ash Particles وهي جسيمات تتطلق مع غازات المداخن، وقد تحمل معها وقودا غير كامل الاحتراق.

4. جسيمات الأبخرة Fume Particles وتنتج عن طريق التكثيف او التفاعلات الكيميائية ويكون قطرها غالبا اقل من 1 ميكروميتر.

5. جسيمات الرذاذ Mist Particles وهي تتكون من سوائل عالقة في الهواء ولا يزيد قطرها عن 2 ميكروميتر.

6. جسيمات الايروسولات Aerosols وهي عبارة عن دقائق صلبة او سائلة متناهية الصغر لا تتراكم ابداء، ويكون قطرها غالبا اقل من 1 ميكروميتر.

وتنتج الجسيمات ام من مصادر طبيعية او من نشاطات الإنسان المختلفة. وتتمثل الجسيمات التي تنتج من المصادر الطبيعية في الرمال وجزيئات التربة ودرات الاملاح بالقرب من شواطئ البحار والغبار البركاني. اما الجسيمات

الناجمة من نشاطات الإنسان فهي جسيمات عضوية واخرى غير عضوية. وتنتج الجسيمات العضوية من احتراق الفحم والنفط والخشب والنفايات وتتألف بصورة اساسية من الكربون وتحتوي علي العديد من المواد المسببة للسرطان اضافة الي الجسيمات الناتجة من المبيدات الكيميائية والصناعات الكيميائية والغذائية. اما الجسيمات غير العضوية فتنتج من صناعة التعدين والصناعات الكيميائية غير العضوية وصناعة مواد البناء ورصف الطرق وحركة وسائل النقل وصناعة الزجاج والأسمنت وغيرها.

ومن اخطر الجسيمات الملوثة للهواء هي جسيمات مبيدات البكتيريا والفطريات والقوارض والحشرات والاعشاب. والتي تبقى في الهواء لفترة طويلة حتي تسقط مع الامطار الي التربة ثم الي المسطحات المائية او تمتصها بعض ملوثات الهواء الاخرى.

وتحتوي الجسيمات الدقيقة العالقة بالهواء علي العديد من العناصر الثقيلة السامة مثل الزئبق ودقائق الرصاص والكاديوم والزرنيخ والبريليوم والنيكل.

**انواع الجسيمات بالنسبة لطبيعتها الكيميائية:**

يمكن تصنيف الجسيمات تبعا لطبيعتها الكيميائية الي ما يلي:

**1- الجسيمات العضوية Organic Particulates**

**2- الجسيمات الغير عضوية Inorganic Particulates**

**1- الجسيمات العضوية Organic Particulates**

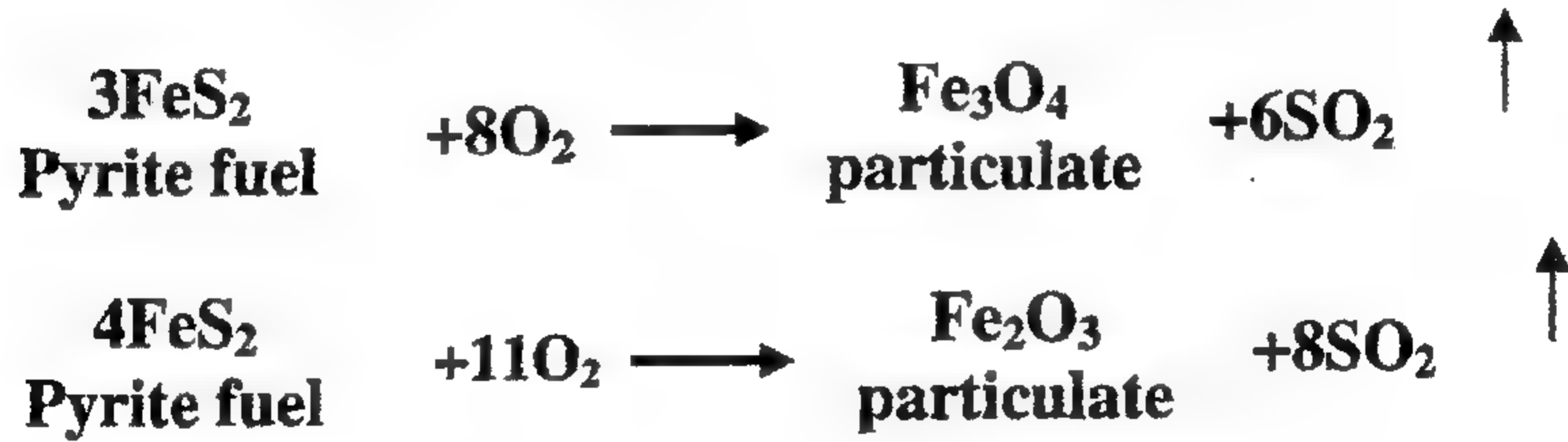
يعد احتراق الوقود وعوادم السيارات ونمو النباتات من اهم المصادر للجسيمات العضوية. وهذه الملوثات تحتوي عادة علي الهيدروكربونات متعددة الحلقات الاروماتية Polycyclic aromatic Hydrocarbons PAH. وفي اجواء المدن الكبيرة قد تتراوح الجسيمات العضوية 20 ميكروجرام لكل مترمكعب.

الهيدروكربونات متعددة الحلقات الاروماتية تكون عادة ممتصة داخل السناج او السخام Soot. وتعد PAH من اهم المكونات للجسيمات العضوية وذلك لطبيعتها المسببة للسرطان ومن امثلة هذه الجسيمات البنزوبيرين والكراسيين والبنزوفلورانسين Benzo (a) pyrene، Chrysene، Benzofluoranthene . وايضا تعد الكيتونات والالديهيدات والاسترات وفوق الأكسيد والكينونات واللكتونات من اشهر الملوثات العضوية للهواء.

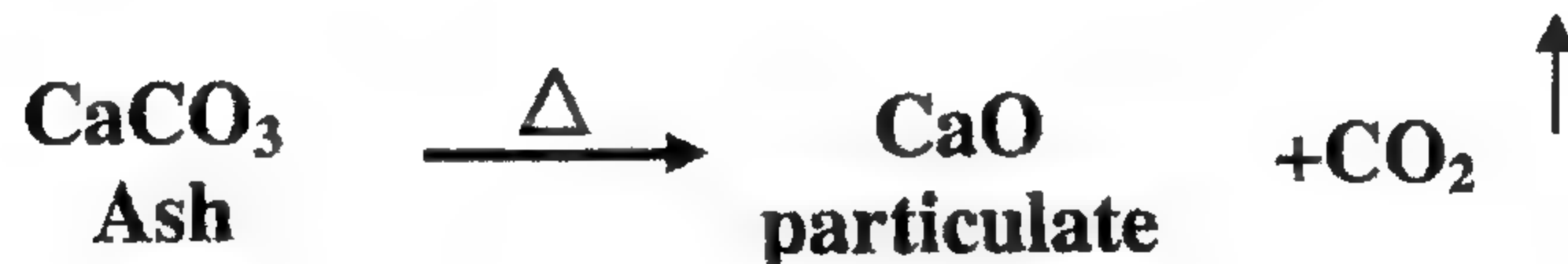
## 2- الجسيمات الغيرعضوية Inorganic Particulates

تنتج الجسيمات غير العضوية في الصور الآتية:

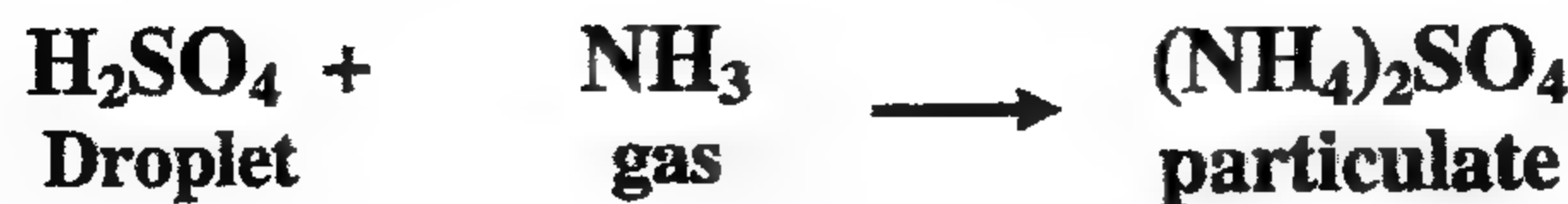
أ- في صورة أكاسيد المنطلقة خلال احتراق الوقود في وجود الأكسجين.



ب- جزء من كربونات الكالسيوم والتي تحتوي علي الفحم عند احتراقها بمعزل عن الهواء تنتج جسيمات من أكسيد الكالسيوم في الهواء مسببة تلوثه.



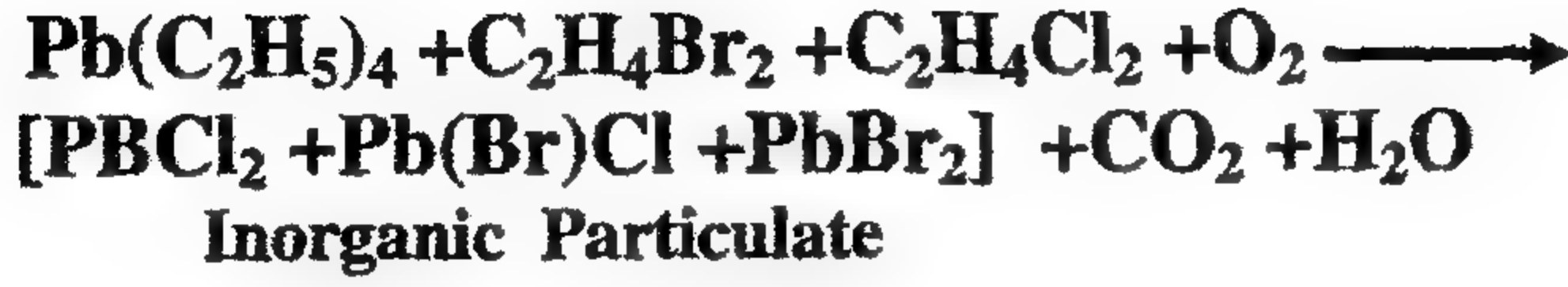
ج- في صورة املاح الكبريتات والتي قد تتكون من تفاعل قطرات الأحماض كحمض الكبرتيك مع بعض الغازات الموجودة بالهواء كغاز الأمونيا مكونة كبريتات الامونيوم. أو تفاعل الحمض مع أكسيد الكالسيوم مكونا كبريتات الكالسيوم.







د- بعض الملوثات الجسيمية الغير عضوية مثل هاليدات الرصاص تدخل الهواء الجوي من خلال احتراق الوقود البترولي واختلاطه مع رابع ايثيل الرصاص وبروميد الايثيلين وكلوريد الايثيلين مكونا جسيمات هاليدات الرصاص الملوثة للهواء.



وهناك فقط من الولايات المتحدة الامريكية يدخل للهواء الجوي 200.000 طن من هاليدات الرصاص سنويا.

#### الأتربة والسمية:

هناك مجموعة متنوعة من المواد التي يمكن تقسيمها من ناحية السمية كاتربة وهي تسبب انواع ودرجات مختلفة من الغبارية Pneumoconiosis او احتجاز التراب في الرئتين، وبعض الأتربة مثل السيليكا والاسبستوس نشطة بيولوجيا من الوجهة التوكسيكولوجية وبعضها يعتبر خاملا، ولكنها تحتجز في الرئتين بتركيزات متوسطة يجب رصدها. وتتولد الأتربة بصفة عامة من خلال عمليات التداول، السحق، الطحن، وغيرها من المعالجات الفيزيائية، وحجم الجزيء المتوزع (المنتشر) يعتبر عاملا محددًا في تقدير قابلية التراب علي الاستنشاق والترسيب والاحتجاز في الرئتين، وبصفة عامة فان الجزيئات التي يتراوح قطرها بين 0.2 - 5 ميكرومتر تعتبر قابلة للاستنشاق، وبمجرد تواجدها في الرئتين فان النشاط الحيوي للأتربة بتركيزات مختلفة يحدد سميتها. ومن امثلة الأتربة ذات السمية السيليكا وأتربة الفحم.

\* **السيليكا Silica** يمكن التعرض للسيليكا في المسابك والاماكن التي يتم فيها طحن الحجر الجيري والسقع الرملي (استخدام تيار هواء يحتوي علي رمل لتنظيف وصقل الزجاج والحجارة والمعادن) وصناعة الفخار وغيرها، والأخطار الصحية المصاحبة للتعرض لبلورات السيليكا الحرة تتمثل في التليف الرئوي وهو ما يطلق عليه السيليكوزيس Silicosis وهو مرض رئوي يكون عادة غير رجعي عندما يكون التعرض شديداً.

\* **اتربة الفحم Coal Dust** يؤدي التعرض لاتربة الفحم ومنها فحم الانثراسيت الي تعرض الرئة لغبارية عمال الفحم Coal Workers Pneumoconiosis ، وربما يرجع اسوداد الرئتين Black Lung لتعرضها لاتربة الفحم، وفي هذه الظروف فان جزيئات اتربة الفحم الاقل من 5 ميكرومتر تتراكم في الرئتين ويمكن ان تسبب تليف للرئة او تحدث تفاعل يشبه انتفاخ الرئة.

#### تلوث الهواء بالعناصر المعدنية:

من صور تلوث الهواء في المناطق الصناعية والمدنية التلوث بالعناصر المعدنية مثل التلوث بعنصر الرصاص والزنبق والكاسيوم.

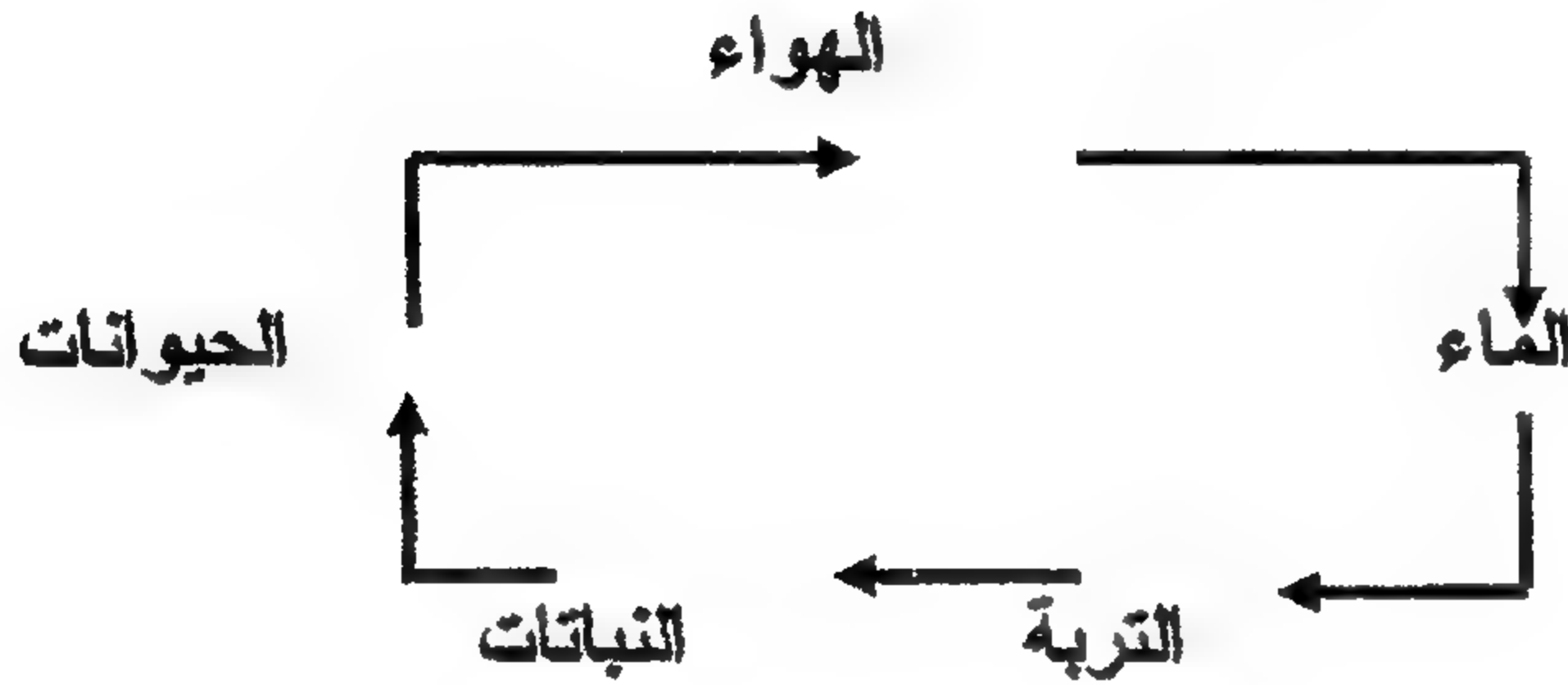
#### 1- الرصاص Lead:

تعتبر جسيمات الرصاص من الملوثات الهوائية التي تتبعث من مصادر متعددة يستخدم فيها الرصاص ومركباته كمواد خام كما هو الحال في صناعة مبيدات الحشرات والدهانات وصناعة البطاريات. كما تستخدم مركبات الرصاص ككبريتيد الرصاص وكرومات الرصاص في عمليات الطلاء وفي صناعات مختلفة مثل صناعة صفائح المنازل والقصدير وحروف الطباعة. ويعتبر استخدام الرصاص مع وقود السيارات علي هيئة مركبات هالوجينية مثل رابع ايثيل الرصاص احد المسببات الرئيسية لتلوث الهواء بالرصاص، حيث تتحول الي مركبات غير عضوية تتبعث من عوادم السيارات الي الهواء.

## 2- الزئبق Mercury:

يعتبر الزئبق من اخطر ملوثات الهواء وخاصة بعد معرفة ان الزئبق العضوي يتحول الي صورة عضوية سامة هي ميثيل الزئبق Methyl Mercury عن طريق بعض الكائنات الدقيقة ويتركز في العظام. ويعتبر الزئبق ملوثا هوائيا خطرا لأنه يوجد في صورة بخار الزئبق ويسبب بخار الزئبق اثارا تدميرية للجهاز العصبي المركزي. واهم مصادر الزئبق الجوي الاصباغ ومصانع محطات الطاقة التي تعمل بالفحم ومحطات تصنيع الزئبق.

والشكل التالي يبين دورة الزئبق خلال البيئة



شكل 2-7 دورة الزئبق خلال البيئة

## الزئبق والمخلفات الطبية Mercury and Medical Waste :

ان التخلص من بقايا الزئبق عن طريق رميها بأكياس القمامة والتي ينتهي بها المطاف بالحرق في المكبات العامة ينتج عنها أبخرة سامة تنطلق للهواء، او قد تصل بعض تلك الملوثات للمياه الجوفية في حالة اللجوء لعملية ردم القمامة.

تصل الأبخرة السامة الناتجة من حرق القمامة في نهاية الأمر للأرض ولمصادر المياه من أنهار وبحيرات وبفعل الميكروبات يتحول الزئبق إلى أحد مشتقاته العالية السمية (Methyl mercury) فيتراكم هذا المركب بالأحياء البحرية كالأسماك ولا يمكن لعملية الطبخ أن تزيل هذا المركب مقارنة ببعض الملوثات

الأخرى، وهذه الخطورة تصيب أكثر الأشخاص الذين يستهلكون في كميات كبيرة جدا من الأسماك تلك البحيرات الملوثة.

أشارت وكالة حماية البيئة الأمريكية إلى أن الزئبق الناتج عن تحطم مقاييس الحرارة يعتبر من المصادر الرئيسية لتلوث النفايات الصلبة بالولايات الأمريكية (حوالي 17 طن/السنة)، ويمكن التقليل من هذه الملوثات باستخدام مقاييس حرارة الإلكترونية بدل عن الزئبقية وقد أثبتت تلك المقاييس فاعليتها، التحفظ الوحيد عن هذه المقاييس استعمالها لبطاريات تحتوي على زئبق ولكن الكمية الموجودة قليلة جدا (3.5 - 11 مليجرام) بالمقارنة مع الترمومتر العادي.

**تلوث الهواء بالزئبق يؤثر في الأسماك:**

ينتهي المطاف بالزئبق في الأسماك حين تطلق محطات الكهرباء العاملة بالفحم المعادن في الجو حيث تختلط بالأمطار وتسقط على الأرض ملوثة الممرات المائية. وتحول البكتيريا في المياه الزئبق إلى زئبق الميثيل. وتقوم الأسماك الصغرى في أعماق البحار بأكل هذه البكتيريا السامة، في حين تأكل الأسماك الكبيرة هذه الأسماك الأصغر حجما. وهذا هو ما يفسر وجود أعلى مستويات الزئبق في الأسماك الكبيرة.

### **3. الكاديوم Cadmium:**

يوجد الكاديوم في الطبيعة بتركيز منخفضة في التربة والماء، كما تتطلق جسيمات الكاديوم الي الهواء بسبب استخدامه في صناعات متعددة، فمركبات الكاديوم تستخدم كعوامل مضادة للاحتكاك للمعدات ويستخدم في الصناعات الكهربائية والمفاعلات النووية.

يدخل عنصر الكاديوم في عدة صناعات، مثل صناعات البلاستيك والبطاريات، كما يختلط بالمعادن الخام، مثل الزنك والنحاس والرصاص، ولذلك



فان الكاديوم يتواجد في التربة والماء القريبة من المصانع التي يصهر فيها المعادن التربة الزراعية بالكاديوم.

وتكمن خطورة التلوث بجسيمات الكاديوم في خاصية التراكم الحيوي لهذا العنصر حيث تتساقط جسيمات الكاديوم وتغسل من الهواء مع الامطار ثم تتركز في انسجة النباتات ثم تنتقل الي الحيوانات ثم الي جسم الإنسان بعد ان يزداد تركيزها في كل مرحلة من المراحل المتعاقبة. ويتراكم الكاديوم في الكبد والكلية والاعضاء التناسلية ليسبب تسممات عديدة قد تؤدي الي تشوهات جنينية وبعض انواع السرطان. وفقا لذلك فان الحد الاقصى لتلوث الهواء بالكاديوم في الولايات المتحدة هو 0.1 مليجرام لكل متر مكعب علي هيئة أبخرة او 0.2 علي هيئة جسيمات حاملة للكاديوم.

#### 4. الزرنيخ Arsenic:

عرفت مركبات الزرنيخ منذ العصور القديمة و قد تم فصله بهيئته المعدنية منذ أكثر من سبعمائة عام مضت. ويعتبر عنصر الزرنيخ غير العضوي سام بشكل حاد وسريع. وقد استخدم القتل تلك الخاصية في قتل الضحية قتلا بطئيا بأسباب تبدو طبيعية. ويعد الزرنيخ من العناصر واسعة الانتشار في الطبيعة ويستخدم في المبيدات الحشرية وفي تحضير بعض المواد الطبية. كما يستخدم الزرنيخ كمادة حافظة للخشب. ويتلوث الهواء ببخار وجسيمات مركبات الزرنيخ حيث تقوم بعض انواع الفطريات بتحويل الزرنيخ الي بخار الزرنيخ السام وللزرنيخ خاصية التراكم الحيوي، حيث أنه يتراكم علي طول السلسلة الغذائية ليصل ويتراكم بعد ذلك في انسجة جسم الإنسان. ويعتقد ان سبب سمية بخار الزرنيخ هو ومركباته هو أنه يعمل علي تثبيط تفاعلات الاكسدة الفسفورية التي تحدث بجسم الإنسان بسبب تنافس الفسفور والزرنيخ في التفاعلات الحيوية.

## مصادر الملوثات الجسيمية :Sources of Particulate Pollutants

تنبعث الي الهواء كثير من الملوثات الجسيمية من العديد من المصادر الطبيعية والصناعية. ويعتبر احتراق الوقود من النفط والفحم الحجري وفحم الخشب النباتي من المصادر الأساسية لتلوث الهواء بالجسيمات الهيدروكربونية وبالالياف المعدنية. كما يعتبر استخدام مبيدات الحشرات والقوارض والنباتات الصغيرة من اهم مصادر تلوث الهواء بالجسيمات الكيماوية الفعالة شديدة الخطورة. وتشكل مصانع الأسمنت ومحطات تصنيع الحجر الجيري وحجر الرمل مصدرا لتلوث الهواء بالجسيمات خاصة اذا كانت تلك المصانع لا تستخدم مرشحات لحجز الجسيمات. كما ان استخدام مواد التنظيف المختلفة يؤدي الي انطلاق كميات كبيرة منها علي شكل رغوة او جسيمات، وتتطلق الي الهواء ايضا الياف غير معدنية كالياف السيليولوز من المناجر واليااف قطنية من مصانع الملابس، هذا بالاضافة الي الالياف المعدنية (الاسبستوزات) التي تنطلق من ورش تصليح السيارات وصناعة الالمونيوم ومن استخدام فرامل السيارات. كما تساهم الصناعات الغذائية المختلفة في تلوث الهواء بالجسيمات المتعددة.

بالاضافة الي ما سبق فان وجود ملوثات اولية غازية في الهواء تؤدي الي تكون جسيمات صلبة او سائلة، حيث تتكون جسيمات الكبريت من اكاسيد الكبريت الغازية، وجسيمات النترات من اكاسيد النتروجين، ويتكون رذاذ الأحماض من أكاسيد الكبريت والنتروجين. ونشارك بعض المصادر الطبيعية في تلوث الهواء بالجسيمات، حيث تحمل الرياح كثير من جسيمات الاتربة والرمال والغبار، وكذلك تتطلق حمم البراكين حاملة معها جسيمات عديدة بعضها مواد مسرطنة وتساهم الرياح والامواج في حمل رذاذ الاملاح من مسطحات البحار والمحيطات.

### تأثير الجسيمات الملوثة للهواء علي صحة الإنسان:

تؤثر الجسيمات علي صحة الإنسان بدرجات متفاوتة تبعا لحجمها وطبيعتها الكيميائية المختلفة. فالجسيمات الكبيرة التي يزيد قطرها عن 50 ميكرومتر لا تعتبر

شديدة الخطورة علي الإنسان حيث تتمكن الشعيرات المبطنة للجيوب الانفية من التقاطها ومنع نفاذها الي الرئتين. اما الجسيمات التي يكون قطرها اقل من 10 ميكرومتر فهي شديدة الخطورة علي صحة الإنسان.

وقد لوحظ ان تأثير الجسيمات يكون اكثر ضررا مع وجود ملوثات اخري في الهواء، حيث ان لبعض الجسيمات الملوثة للهواء خاصية الادمصاص Adsorption فيمكنها ان تدمص بعض الملوثات الغازية الي سطوحها وتدخل الي الرئتين مسببة تأثيرا مزدوجا. وعندما يصل تركيز الملوثات الي 100-130 ميكروجرام/م<sup>3</sup> فان ذلك يؤدي الي زيادة الحالات المرضية للجهاز التنفسي لدي الاطفال، واذا وصل التركيز الي 300 ميكروجرام /م<sup>3</sup> زادت حالات الالتهاب للشعبيات الهوائية. وعندما يصل التركيز الي 750 ميكروجرام /م<sup>3</sup> فان ذلك يؤدي الي زيادة الوفيات بين الاطفال وكبار السن.

وعند الحديث عن الجسيمات الملوثة للهواء واضرارها الصحية فلا بد من الحديث عن اخطر الملوثات وهي جسيمات الاسبستوس Asbestos وهي عبارة عن الياف معدنية دقيقة تنطلق الي الهواء بسبب العمليات الصناعية ولبعض هذه الجسيمات القدرة علي اختراق الجلد محدثة تقرحا به، كما ان الجسيمات الدقيقة منها يمكن ان تصل الي الحويصلات الهوائية لتستقر هناك بقية الحياة وتتراكم مع مثيلاتها مسببة مرض التحجر الرئوي وتسبب التهابا خاصا لانسجة الرئة يسمى الالتهاب الاسبستوسي Asbestosis مما ينتج عنه صعوبة في تبادل الغازات، نتيجة لتغطية الشعيرات الدموية بالتليف الناتج عن الحويصلات الهوائية.

ويعزز التدخين تاثيرات الاسبستوس حيث ان حالات حدوث سرطان الرئة بين العمال المدخنين المعرضين للاسبستوس اكثر ارتفاعا عنه من العمال غير المدخنين.

## جدول 4- 7

### مصادر ملوثات الهواء الرئيسية وآثارها الصحية

الملوث الرئيسي	المصدر الرئيسي	البيئة المستهدفة	الآثار الصحية الرئيسية
ثاني أكسيد الكبريت	احتراق الوقود، مواد الصهر	خارج المباني	تهيج المسبيل التنفسي، ضيق النفس، اختلال الوظيفة الرئوية، زيادة الاستعداد للإصابة بالعدوى، اعتلال الجهاز التنفسي السفلي (لاسيما بين الأطفال)، والأمراض الرئوية المزمنة وتليف الرئة. زيادة السمية في حالة الامتزاج بملوثات أخرى
الأوزون	تفاعلات كيميائية ضوئية	خارج المباني	ضعف الوظيفة الرئوية، وإجهاد القلب أو الفشل القلبي، والنفخ الرئوي، والتليف، وتشيج الرئة والأنسجة التنفسية
الطلع	الأشجار والحشائش والأعشاب والنباتات	خارج المباني	تفاعلات أرجية
الرصاص	السيارات والمواد المنبعثة عن الصناعة	خارج المباني	تغيرات في الإنزيمات الدموية، وفقر الدم، والاختلالات العصبية، لاسيما بين الأطفال
الهيدروكربونات المتعددة الحلقات الأروماتية	دخان التبغ المنتشر في البيئة، والمذيبات البتروكيماوية، وتبخّر الوقود غير المحروق	خارج المباني	التهاب الجيوب، والتلف الرئوي، بما في ذلك سرطان الرئة.
أكاسيد النتروجين	حرق الوقود	خارج المباني أو داخلها	تهيج العينين والأنف، وأمراض الجهاز التنفسي، والتلف الرئوي، وضعف الوظيفة الرئوية، وإجهاد القلب
أول أكسيد الكربون	حرق الوقود	خارج المباني أو داخلها	عرقلة امتصاص الدم للأكسجين (عَوَز الأكسجين للمزمن)، وتلف القلب والدماغ، وضعف الإدراك، والاختناق؛ الضعف والتعب والصداع والغثيان في حالة التعرّض لجرعات صغيرة
المواد الجسيماتية التي يمكن تنفّسها	احتراق الوقود ومواد الصهر، وإعادة التعليق	خارج المباني أو داخلها	التهيج، وتغيّر الدفاع المناعي، التسمم المجموعي، وضعف الوظيفة الرئوية، وإجهاد القلب، وفي حالة امتزاجه بثاني أكسيد الكبريت يتوقف حدوث الآثار على الخواص الكيميائية والبيولوجية للجسيمات كل على حدة



الملوث الرئيسي	المصدر الرئيسي	البيئة المساندة	الآثار الصحية الرئيسية
الأبواغ	الرطوبة (الفطريات والعفن)	خارج المباني أو داخلها	تأثير نفسي
الفورمالدهيد	العزل، وتجهيز دخان التبغ المنتشر في البيئة	داخل المباني	أمراض بالعين والجهاز التنفسي، وصداخ وغثيان في حالة أخذ تركيزات عالية
الأسبستوس (الأميانت)	تأخير الحرائق، والعزل	داخل المباني	سرطان الرئة
المستأرجات	الغبار المنزلي والويغ الحيواني	داخل المباني	تفاعلات أرجية
الكادميوم	المواد المنبعثة من الصناعة	خارج المباني	الالتهاب الرئوي الكيميائي (في البيئة المهنية)، والأمراض الرئوية المزمنة، بما فيها السرطان، والاضطرابات الكلوية
الزئبق	مبيدات الفطريات، والدهانات، وانسكاب أو تحطم المنتجات المحتوية على الزئبق	داخل المباني	اضطرابات الجهاز العصبي (الزئبق العضوي)، والاضطرابات الكلوية (الزئبق اللاعضوي)
المركبات العضوية الطيارة	تطاير المذيبات البتروكيمياوية وحرق الوقود، والدهانات، والفعل الاستقلابي، ومبيدات الهوام، ومواد اللصق، والمذيبات، والطهي، ومواد التجميل	خارج المباني أو داخلها	زيادة أعراض المسالك الهوائية العلوية والسفلية، والصداخ، والتهيج الحسي، والطفح الجلدي
[*] المصدر: مستخلص من اللجنة الإقليمية لشرق المتوسط للدورة الثامنة والأربعون المكتب الإقليمي، القاهرة			

### ثالثاً: الملوثات الثانوية للهواء Air Secondary Pollutants:

ويقصد بالملوثات الثانوية تلك الملوثات التي تنتج عن وجود ملوثات أولية في الهواء Primary Pollutants حيث ان انبعاث العديد من الملوثات الأولية الي الهواء ومع وجود الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء واشعة الشمس وغيرها يؤدي الي دخول هذه الملوثات في تفاعلات كيميائية مكونة ملوثات اخري جديدة هي

الملوثات الثانوية. ومن اشهر ملوثات الهواء الثانوية الضباب (الدخاني والكيوموضوي) والمطر الحمضي.

### **الضباب (الدخاني والكيوموضوي) Smog and Photochemical Smog:**

عند اتحاد كل من الضباب مع الدخان ينتج ملوث جديد يعرف بالضباب الدخاني او الضبخان ويختلف الضباب الكيوموضوي والذي يعرف بضباب لوس انجلوس Los Angeles Fog عن الضباب الدخاني والذي يعرف بضباب لندن London Fog. ينشأ الضباب الدخاني من تراكم الملوثات الاولى للهواء اساسا كالدخان وثاني أكسيد الكبريت مع وجود تركيز عالي من بخار الماء وتفاعلها معا. وعادة يتكون الضباب الدخاني عادة في الشتاء عند درجة حرارة منخفضة قريبة من الصفر المئوي وعندما تكون سرعة الهواء هادئة. وقد اصبح هذا النوع من الضباب مشكلة كبيرة للمدن التي تستخدم الفحم في التدفئة والتي تزدحم بالسيارات حيث يؤدي الي تهيج العيون والحنجرة والبطانة المخاطية للجهاز التنفسي وتقلل من مدي الرؤيا وتلحق اضرارا كبيرة للنباتات والاعمال الفنية والممتلكات الاقتصادية. ومن امثلة ذلك ما حدث في لندن حيث ادي الي وفاة 1000 شخص في لندن عام 1965 م. بينما يتكون الضباب الكيوموضوي بسبب التفاعل بين الملوثات الاولى ومكونات الهواء الطبيعية تحت اشعة الشمس.

### **الامطار الحمضية Acid Rain:**

يعتبر تلوث الهواء بغازات اكاسيد الكبريت واكاسيد النتروجين بالاضافة الي غاز كلوريد الهيدروجين السبب الرئيسي لتكون المطر الحمضي. حيث تتحد هذه الغازات كملوثات اولية مع قطرات بخار الماء مكونة قطرات مائية محتوية علي تراكيز من حمض الكبريتيك او حمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك تغسل مع المطر علي شكل مطر حمضي كما توضح المعادلات الاتية:



وكما توضح المعادلات التفاعلات التي تبين كيفية تكون مثل هذا النوع من الأمطار:

- يتفاعل ثاني أكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حمض الكبريتيك.
- تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الماء لتكون حمض النيتريك.
- يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء ليكون الحامض الكربوني.

وهذا المطر الحمضي يسقط علي الاشجار فيؤدي الي جفافها وعلي البحيرات والأنهار فيؤدي الي هلاك الاسماك والكائنات المائية فيها.

وتعتبر الامطار الساقطة امطارا حمضية اذا كانت درجة حموضتها (الاس الهيدروجيني) pH اقل من 5.6 وعندما يصبح الاس الهيدروجيني للمساحات المائية اقل من 5.6 فإنها تصبح ملوثة بالمطر الحمضي. اما المطر الطبيعي فان الاس الهيدروجيني له اكبر من 5.6.

كما وتسببت الأمطار الحمضية في زيادة حموضة كثير من البحيرات والأنهار مما يؤدي إلى خلو هذه البحيرات والأنهار من الكائنات الدقيقة، وهناك نحو ألف بحيرة في كندا تحولت مياهها إلى حمضية بعد أن كانت معتدلة نتيجة هذه الأمطار، وحين تسقط الأمطار الحمضية على الأراضي الجيرية، فإنها ستذيب قدراً كبيراً من عنصر الكالسيوم الموجود في التربة وتحمله معها نحو المياه، ويؤدي ذلك إلى انجراف التربة وزيادة في تركيز الكالسيوم وضعف النباتات. كما وأنها إذا سقطت على بعض الأراضي أدت إلى تفتت بعض الصخور.

وتؤدي الأمطار الحمضية إلى إذابة نسبة كبيرة من بعض الفلزات الثقيلة مثل الرصاص والزنك والألمنيوم، وهي فلزات سامة وتسبب تسمم الكائنات الحية عند شربها للمياه الملوثة. كما وأنها تتصف بخاصية التراكم إذ أنها تتجمع بمرور الزمن في أجسام الأحياء، وقد قُلت أعداد الطيور في بعض المناطق الأوروبية والأمريكية بعد أن قتل كثير منها نتيجة غذائها على الحشرات التي تحتوي أجسامها على نسبة عالية من الألمنيوم التي جرفته مياه الأمطار الحمضية من سطح التربة وحملته إلى الماء، وهذه الأضرار للأمطار الحمضية لا تختص بالمياه بل تمتد إلى المحاصيل الزراعية والغابات.

كما أن وصول المطر الحمضي للتربة يؤدي إلى انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين وانخفاض معدل تفكك وتحلل المادة العضوية مما يزيد من سماكة طبقة البقايا النباتية التي الحد الذي تعوق فيه نفاذ الماء إلى داخل التربة، وقد أدت هذه التأثيرات إلى الانخفاض في إنتاج وكثافة الغابات.

ويتوقف تأثير الأمطار الحمضية على عدد من العوامل مثل كمية الأمطار المتساقطة والفترة الزمنية التي يستغرقها طول المطر الحمضي ومستوى حموضة الأمطار والتركيب الكيماوي للتربة والنباتات والمياه الطبيعية، ومدى تأثير النباتات والحيوانات والمنشآت بحموضة الأمطار وحرارة الجو ووجود ملوثات أخرى في الهواء وإلى ما أشبه ذلك.

كما إن الأمطار الحمضية تؤثر على المباني والمنشآت الأثرية والتاريخية والمنشآت المعدنية والمباني الحديثة، كما أنها تؤثر على مياه الشرب، فقد لوحظ أن مياه أحد الخزانات قد زادت حموضتها نتيجة تزايد سقوط الأمطار في الخزان مدة طويلة من العام، وقد تسببت المياه الحمضية في تآكل الخزان.



## تلوث الهواء من حركة المرور [١]:

تعد وسائل النقل البري من سيارات وشاحنات وحافلات المصدر الرئيسي لتلوث الهواء خاصة بالمدن التي تشهد كثافة في حركة المرور حيث تقوم هذه المركبات بدور بارز في توليد الملوثات الرئيسية للهواء وهناك العديد من المخاطر الصحية والبيئية الناتجة من عوادم السيارات بمختلف أنواعها والتي تعتمد في طاقتها التشغيلية على البنزين أو الديزل اللذين يعتبران من أهم مصادر تلوث الهواء، حيث تعتبر الانبعاثات الناجمة عن المركبات هي المصدر الرئيسي لتلوث هواء المدن خاصة وأن أعداد المركبات في تزايد مستمر، وينتج من احتراق الوقود داخل محركات السيارات العديد من الملوثات ومن أهمها أول أكسيد الكربون، المركبات العضوية الطيارة (هيدروكربونات)، أكاسيد النيتروجين، ثاني أكسيد الكبريت والجسيمات العالقة بالإضافة إلى مركبات الرصاص السامة الناتجة من العادم عند استخدام وقود البنزين الذي يحتوي على نسبة من الرصاص وغيره من المعادن كمواد إضافية.

ويتعرض كثير من السكان وخاصة في المدن إلى الضوضاء الناجمة عن حركة المرور بما يتجاوز 65 ديسيبل، وهو المستوى الذي إذا تجاوزته الضوضاء فإنه يسبب الإزعاج والضرر.

وعلى الصعيد العالمي، يستأثر قطاع النقل بحوالي 30% من إجمالي الاستهلاك التجاري للطاقة، حيث يستهلك النقل البري وحده 82%، غير أن هناك اختلافات واسعة بين البلدان وهذا مرده إلى الوضع الاقتصادي لتلك البلدان.

لقد تم إحراز تقدم ملحوظ مع مرور السنوات فيما يتعلق بزيادة كفاءة السيارات من حيث استهلاك الطاقة وكمية ونوعية الوقود المستهلك وبالتالي كمية ونوعية الملوثات المنبعثة من السيارات.

ويعد تصميم وحالة المحرك في المركبات الآلية من الأمور الهامة التي يجب الاهتمام بها لحماية الهواء من التلوث وتختلف كمية هذه الانبعاثات باختلاف أنواع المركبات وعمرها وطرق تشغيلها ونوعية الوقود المستخدم، فالسيارات الحديثة أكثر كفاءة في استهلاك الوقود وأقل تلويثاً للبيئة، واستخدام الوقود الخالي من مركبات الرصاص يساهم بدرجة كبيرة في مكافحة التلوث بالرصاص. كما أن طريقة تشغيل المحرك في حالة الانتظار وسرعة القيادة تعتبر من الأمور الهامة لتخفيض استهلاك الوقود والتلوث، حيث أن القيادة بسرعة منتظمة (معتدلة) أفضل من القيادة المصحوبة بتغير كبير في السرعة، كما أنه عندما تكون المركبة في حالة سرعة يكون الاحتراق مثالياً حيث ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء إضافة إلى أكاسيد النيتروجين، وفي حالة تناقص سرعة المركبة يكون الاحتراق غير كامل للوقود مما يزيد من انبعاث أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات وتقل نسبة أكاسيد النيتروجين لانخفاض درجة الحرارة.

وتعد محركات الطائرات من مصادر تلوث الهواء الشديدة والجدول التالي يبين كمية الملوثات الناتجة عن هبوط وإقلاع طائرة مدنية من نوع جامبو.

جدول 4-8

الكمية بالكيلوجرام	الملوث
20.7	هيدروكربونات
84.7	أول أكسيد الكربون
53.8	أكاسيد النيتروجين

#### كيف يحدث التلوث من المركبة الآلية؟

تتم عملية حرق الوقود كما نعلم جميعاً من خلال مرور البنزين من خزان الوقود إلى المحرك عن طريق مغذي الوقود (الكاربوراتوري) الذي يقوم بتغذية البنزين بالهواء بحيث يصبح معدل كتلة البنزين الداخلة إلى كتلة الهواء ثابتة

عادة 1:15 ثم يحدث الاحتراق فتنتج مجموعة من المركبات تجد طريقها إلى الوسط البيئي وفي حالة حدوث خلل بالكربوراتوري، فمثلا في حالة زيادة نسبة الوقود إلى نسبة الهواء سيكون من ضمن النواتج اول أكسيد الكربون، وتتطلق الملوثات من السيارات من المخارج الآتية:

العادم (المرميطة) - علبة المرافق - مغذي الوقود (الكاربراتير) - التبخر من خزان الوقود، إلا أن معظم ملوثات الهواء تتطلق من العادم (المرميطة) فنجد أن اول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين ومركبات الرصاص تخرج بالكامل عن طريق العادم، وأن 65% من الهيدروكربونات أيضا تخرج عن طريق العادم، وبالنسبة للتبخر من خزان الوقود فيتم خروج حوالي 15% من الهيدروكربونات وبالنسبة لعلبة المرافق 25% من الهيدروكربونات.

#### المركبات التي تعمل بمحركات الديزل:

هناك فرق بين محركات الديزل (النافطة) ومحركات البنزين فالمواد المنبعثة من محركات الديزل أقل من المواد المنبعثة من محركات البنزين وهذا يعد من ميزات محركات الديزل بالنسبة للبيئة طبعاً لأن التنفس في مجال الديزل ضئيل جداً والانبعاث بالتبخير منخفض وهذا لأن محرك الديزل يستخدم دائرة مغلقة لحقن الوقود كما أن وقود الديزل أقل تطايراً من البنزين حيث يغلي الديزل في درجة حرارة 350-750 درجة مئوية مقابل 90-400 درجة مئوية للبنزين.

ينصرف من عادم السيارات التي تعمل بالديزل عشر ما ينتج من سيارات البنزين من اول أكسيد الكربون والهيدروكربونات في حين تتعادل كميات أكاسيد النيتروجين وطبعاً مركبات الرصاص منعدمة في الديزل، وعموماً السيارات التي تعمل بمحركات الديزل لا تشكل مشكلة خطيرة بسبب قلة عددها إذا ما قورنت بالسيارات التي تعمل بالبنزين ومشكلة محركات الديزل الرئيسية هي الرائحة والدخان.

## كيف تصل الملوثات إلى الإنسان:

عندما تتطلق الملوثات من المركبات الآلية عبر إحدى المخارج التي تمت الإشارة إليها فأنها تسلك إحدى السبل التالية، إما تسقط في المنطقة المرورية التي تسير بها السيارة أو تتطلق إلى مساحات أبعد نتيجة انتقالها بالتيارات الهوائية وهذا بطبيعة الحال يعتمد على حجم هذه الملوثات ومدى قدرة الهواء المحيط على نقلها إلى خارج المنطقة المرورية، وفي كل الأحوال فهي سوف تصل إلى الإنسان عبر إحدى الطرق التالية:

- الجهاز التنفسي من خلال استنشاقه لهذه الملوثات.
- الجهاز الهضمي من خلال انتقالها إليه عبر السلسلة الغذائية (من خلال تناوله للخضراوات واللحوم المعرضة للملوثات وخاصة تلك التي يتم عرضها وبيعها على الطرقات).
- عن طريق الجسد من خلال لمس هذه الملوثات عند سقوطها على الأرض أو على الأجسام الأخرى ولمس الإنسان لهذه الأجسام.
- ويعتبر استنشاق الملوثات من أخطر الوسائل التي يمكن أن تلحق الضرر بالإنسان مقارنة بطرق الانتقال الأخرى.

### 4-4. الملوثات الجوية وتأثيراتها البيئية

#### أولاً: العوامل المحددة لكثافة الملوثات الجوية

بالإضافة إلى الملوثات التي تتبعث إلى الجو بشكل مستمر فإنه هناك عوامل تتحكم في كثافة هذه الملوثات في الجو. فيمكن تصنيف هذه العوامل إلى أربعة مجموعات هي:

- ◇ كمية الملوثات المنطلقة
- ◇ شكل و موقع مصدر التلوث
- ◇ درجة القرب من مصدر التلوث
- ◇ الحالة الجوية السائدة



## 1- كمية الملوثات المنطلقة:

ان كمية الملوثات المنطلقة يحددها مصدر تلك الملوثات، ونوعية الوقود المستخدم كطاقة، وطبيعة المواد المصنعة، والمواد الخام الداخلة في التصنيع، وحجم التفاعلات الصناعية وما يتولد عنها من مخلفات صلبة او غازية تتطلق الي الجو، بالإضافة الي حجم الاستخدام المنزلي للوقود ونوعيته.

كما تعد وسائل النقل البرية احد مصادر تلوث الهواء الرئيسية، حيث تختلف كميات الملوثات الناتجة من دولة الي اخري ومن منطقة لاخري بل ومن حي لاخر، وذلك لاختلاف وسائل النقل والطرق ومساراتها. وبقدر ما تكون كمية الملوثات المنطلقة من المصنع والمنزل والسيارة كبيرة يكون التلوث في اجوائها اشد كثافة. لذا فان المدن تبدو كأنها بؤر التلوث الرئيسية في العالم لحجم الملوثات الضخمة التي تتطلق الي أجوائها من السيارات الوفيرة في طرقها وساحاتها، ومن المصانع والورش التي تحيط بها، ومن مداخل المنازل التي تنفث كميات لا يستهان بها من الملوثات.

## 2- شكل وموقع مصدر التلوث:

ان الشكل العام لموقع ومصدر التلوث يلعب دورا هاما في درجة تركز الملوثات، خاصة فيما يتعلق بالمظهر التضاريسي، وتصميم المصنع والمنطقة الصناعية بأكملها، والمدن وابنية السكن وارتفاع المداخل وغيرها. فتجمع سكاني يقع في سهل تلوثه اكبر مما لو كان ذلك التجمع منتشرا فوق سطح جبلي او اعلي هضبة. ولما لشكل مصدر التلوث من دور مهم في انتشار الملوثات وتركزها فقد تم تصنيف المصادر حسب شكلها الي:

- مصادر نقطية: مثل مداخل معامل توليد الطاقة الكهربائية

- مصادر خطية: مثل انابيب تصريف عوادم السيارات، فهي ذات تفريغ نقطي،

غير أنه بسبب حركة السيارات بسرعة علي طول مساراتها (الشوارع

والطرق) فإنها ترسم شكلا خطيا للعوادم المنبعثة منها.

- مصادر مساحية: مثل المداخل الخارجية من المنازل والتي تقذف للجو بمخلفات الاحتراق المنزلية وهي ترسم شكلا نقطيا (بقعيا) لانتشار تلك المخلفات، غير أنه في المجمعات المدنية والعمرانية، فإن المداخل تعطي شكلا مساحيا لانتشار موادها الي الجو.

### 3- درجة القرب من مصدر التلوث:

حيث كثافة الملوثات الجوية تتناسب عكسيا مع درجة البعد عن مصادر تلك الملوثات، فكلما زاد البعد عن مصدر التلوث كلما قلت كثافته في الجو والعكس صحيح. لذا فإن اجواء المدن تكون اشد تلويثا من اجواء الريف. وهكذا تكون الملوثات الخاصة بكل مصدر من مصادر التلوث اشد كثافة في اجواء مصادرها، كما هو الحال في مصانع الأسمنت حيث يتضح درجة القرب من مصدر التلوث في التأثير في شدة تركيز الملوثات. (فمصانع الأسمنت في حلوان لوثت بمداخلها وغبار الأسمنت المتولد عن المصانع منطقة حلون باكملها بل قد امتد التلوث الي منطقة المعادي التي تبعد عدة كيلومترات عن حلوان).

### 4- الحالة الجوية السائدة:

تلعب الحالة الجوية السائدة دورا بارزا في تحديد كثافة الملوثات الجوية، والعوامل الاتية هي اهم العوامل الجوية المؤثرة علي شدة تمرکز الملوثات في الجو:

■ درجة الحرارة

■ الرياح

■ الامطار

#### أ- درجة الحرارة:

ان الارتفاع الشديد في درجة حرارة سطح الأرض في ساعات النهار، وما يصاحبه من تسخين للهواء الجوي القريب من السطح، يؤدي الي حدوث تيارات

هوائية صاعدة نشطة تعمل علي نشر الملوثات علي اكبر مدي ممكن (درجة الحرارة تزيد من سرعة تحرك وانتشار الجزيئات). بينما ينجم عن التبريد الليلي لسطح الأرض والهواء القريب منه الي سيطرة حركات الهبوط الهوائية، والركود الجوي، متولدا عن ذلك تركز معظم الملوثات الجوية بالقرب من سطح الأرض، ويكون انتشارها الرأسى في هذه الحالة محدودا، مما يرفع من كثافة الملوثات بالقرب من سطح الأرض ومثال لذلك ما يلاحظه الإنسان من غلالة تغطي المدينة في ساعات الصباح الباكر.

وجدير بالذكر ان التيارات الهوائية الساخنة تصعد الي اعلي والتيارات الهوائية الباردة تميل للهبوط لاسفل، نتيجة لان كثافة الهواء الساخن اقل من كثافة الهواء البارد.

#### ب- الرياح:

يلعب اتجاه الرياح وسرعتها أهمية كبرى في توزيع وانتشار الملوثات في الجو، حيث تنتقل المواد الملوثة المنطلقة من سطح الأرض مع الاتجاه العام للرياح السائدة. لذا فان المناطق الواقعة في مهب رياح محملة بالملوثات ستكون حتما اكثر تلويثا من مناطق واقعة عكس مهب الرياح. ولقد كانت الرياح الجنوبية الشرقية السائدة في اثناء انفجار المفاعل النووي السوفيتي تشرنوبل عام 1986م ان تحركت سحابة من الملوثات الاشعاعية تجاه شمال غربي اوربا، والدول الاسكندنافية لتشيع الهلع والرعب في انحاء اوربا كلها.

اما فيما يخص سرعة الرياح، فكلما ازدادت سرعة الرياح، ازدادت حركة الملوثات الجوية، وكبر مدي انتشارها، وقل بالتالي تركيزها. واذا كانت الرياح شديدة السرعة تعمل علي اثارة الاتربة والرمال وتنقلها بعيدا عن منطقة اثارها، فان تدني سرعة الرياح سيؤدي الي ترسيب الجزيئات الصلبة الكبيرة، لتحمل الصغيرة الي مسافات بعيدة.

## ج- الامطار:

يقوم المطر علي تنقية الجو من الجزيئات الصلبة العالقة به. فبعض تلك الجزيئات يشكل نويات يتكاثف عليها بخار الماء لتسقط معه في اثناء هطوله، والبعض الاخر تكنسه الامطار او الثلوج المتساقطة معها وهي في طريقها نحو سطح الأرض. وتكون تلك الامطار ملوثة تسببا بلون الذرات الترابية او غيرها التي شكلت نويات تكاثف من جهة، وتسقطها معها من جهة اخري، ولذا شاع مصطلح مطر الدم للدلالة علي المطر الطيني ذو اللون القاتم كلون الدم. كما يمكن ان يكون المطر مطرا اشعاعيا اذا كانت تلك الذرات الترابية محملة بالمواد المشعة مثل تلك الامطار التي تلت انفجار المفاعل النووي السوفيتي تشرنوبل عام 1986م. وقد يكون المطر مطرا كيميائيا كالمطر الحمضي والمطر المحمل بالملوثات الكيميائية.

## ثانياً: تاثير الملوثات علي درجة حرارة الأرض

ان لبض الملوثات تأثيراً مباشراً علي المناخ، حيث أنها تؤثر علي درجة الحرارة، وشدة الاشعاع الشمسي، وتشكل الغيوم، وتساقط الامطار. ولترابط العناصر المناخية المختلفة فان اي تغير في عنصر من العناصر بفعل ملوث او اكثر من الملوثات الجوية لابد وان ينعكس علي بقية العناصر بدرجات متفاوتة. لذا فان اية تغيرات طفيفة نسبيا في درجة الحرارة والامطار لابد وان يصاحبه اضطراب في توازن النظم البيئية الجوية. ونظرا لان درجة الحرارة من اهم عوامل اتزان النظم البيئية الهوائية والمائية والأرضية فسوف نستعرض اهم الملوثات التي تؤثر علي درجة الحرارة:

## أ- غاز ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide:

يلعب غاز ثاني أكسيد الكربون دورا كبيرا في التأثير علي كمية الأشعة الواصلة الي سطح الأرض والصادرة من سطح الأرض الي الفضاء.



إنّ كلّ جرام واحد من المادّة العضويّة المحتوية على الكربون تعطي عند احتراقها 1,5 - 3 جرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون، علماً إنّ هذا الغاز يؤدّي إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الجوّ القريبة. أمّا كيف يسبّب ثاني أكسيد الكربون ارتفاع درجات الحرارة في الطبقات القريبة من سطح الأرض فتفسير ذلك إنّ الإشعاعات الحراريّة المرتدّة عن سطح الأرض تكون موجاتها أطول من موجات الضوء المرئي المعتاد، ويقع أغلبها في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة، فإنّ هذه الإشعاعات لا تستطيع أن تمرّ في غاز ثاني أكسيد الكربون بل تقوم جزئيات هذا الغاز بردّها. ويترتّب على ذلك إنّ غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء يقوم بحجز جزء من الطاقّة الحراريّة المنبعثة من سطح الأرض ويحتفظ بها في داخل الغلاف الجوّي، ويمنع ذلك تبدّد حرارة الأرض في الفضاء ويسبّب ارتفاع حرارة الغلاف الجوّي للأرض ممّا سيغيّر في مناخها، حيث تزداد درجة الحرارة والرطوبة بأكثر من المعدّلات الطبيعيّة السابقة، نظراً لأنّ درجة حرارة سطح الأرض هي محصّلة لآتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعّة الشمس ومقدار ما ينعكس منها ويتشتّت في الفضاء.

ويعود سبب زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء إلى عاملين:

الاول: التوسع الكبير في إحراق أنواع من الوقود من بترول وغاز طبيعي وفحم وخشب وما أشبه ذلك، سواء كان لأغراض صناعية أو للتدفئة أو لتشغيل محركات الاحتراق الداخلي في السيارات والقارات والسفن والدراجات النارية ونحو ذلك.

الثاني: إزالة مساحات شاسعة من الغابات بهدف استثمارها في البناء والزراعة التقليديّة كزراعة الحبوب والفواكه والخضر، أو بسبب استثمار أخشابها في أمور التدفئة، وإزالة الغابات معناه بقاء كمّيات كبيرة من هذا الغاز في الجو لفقدان عمليّة التمثيل الضوئي بالنسبة المطلوبة.

## ب- دور بخار الماء Water Vapor :

لبخار الماء دور هام في حالات التكاثف، وتشكل الغيوم، وايضا له تأثيرا حراريا مهما، لقدرته علي امتصاص جزء كبير من الأشعة الأرضية الحرارية (تحت الحمراء)، وجزء من الأشعة الشمسية، بحيث يعمل علي ارتفاع درجة الحرارة.

## ج- تأثير الجسيمات الصلبة:

التزايد في تركيز الجسيمات الصلبة له دور في التأثير علي درجة الحرارة، قد لا يقل اهمية عن دور ثاني أكسيد الكربون. فبالاضافة الي الدور الرئيسي التي تقوم به تلك الجسيمات الصلبة والمتمثل بعملية الانعكاس للأشعة الواردة من الشمس والمصطدمة بها. الا أنها ايضا تقوم بامتصاص جزء من الأشعة الأرضية الحرارية (تحت الحمراء) التي يشعها سطح الأرض. غير ان فاعلية الدور الانعكاسي يفوق فعالية الامتصاص، وبذلك فان دورها التبريدي يتفوق بكثير عن دورها التسخيني وهذا ما دلت عليه اثار الثورات البركانية.

## الفصل الخامس

### التلوث الضوضائي وأثاره

5. مقدمة عن الضوضاء
- 5-1. الضوضاء والصوت
- 5-2. مصادر الضوضاء
- 5-3. أنواع التلوث الضوضائي وتأثيراته
- 5-4. الحماية وكيفية السيطرة على التلوث الضوضائي
- 5-5. تقرير حول الضوضاء في مصر والجهود المبذولة للتقليل من مخاطرها
- 5-6. مكافحة الضوضاء البيئية





## التلوث الضوضائي وأثاره

### 5. مقدمة عن الضوضاء

تعتبر الضوضاء من أنواع التلوث العديدة حيث أنها صُنفت بأنها ضارة على صحة الإنسان، الحيوان، الطيور والنبات وأشياء غير حية أخرى، إن مشاكل التلوث الضوضائي تزداد يوما بعد يوم وخصوصا في المناطق الحضرية "المزدحمة بالسكان"، بجانب المناجم، الطرق السريعة، المطارات، المناطق الصناعية ومناطق أخرى توجد بها حركات إنشاء كالبناء وتنفيذ مشاريع.

الضوضاء نوع من التلوث الجوي/الاهتزازي يصدر على شكل موجات حيث أن كلمة ضوضاء مشتقة من التعبير اللاتيني "NAUSES" ويوجد هناك تعاريف كثيرة ومختلفة للضوضاء على سبيل المثال تعرف الموسوعة البريطانية الضوضاء بأنه "الصوت الغير مطلوب" أما الموسوعة الأمريكية فتعرفه بأنه "الصوت الغير مرغوب". يعتمد التلوث الضوضائي على مدى استيعاب أذن الإنسان له لأن البعض يستحمل الضوضاء بنسب متفاوتة عن الآخر، واعتمادا كذلك على العوامل النفسية. وبشكل آخر إن أي صوت ينتج عنه ضوضاء يعتبر مزعجا وهو من وجهة النظر القانونية قد يُعرف بأنه تلوث خاطئ من الجو أدى إلى جرح مادي لحق الأفراد.

### 5-1. الضوضاء والصوت[\*]:

ينتقل الصوت في الهواء على شكل موجات متتالية (تعرف بالموجات الصوتية) حيث تهتز جزيئات الهواء، وتنتشر الموجات في جميع الاتجاهات وتسمع عند وقوعها على جهاز السمع في الآن. إن السرعة أو البطء الذي يتذبذب به مصدر الصوت أو يجعل الهواء يتذبذب يحدد خاصية أساسية للصوت تعرف باسم

---

[\*] التلوث الضوضائي وطرق الحد منه اخبار البيئة مؤتمر البيئة 2005.

التردد Frequency، ويعبر عن التردد بعدد الذبذبات في الثانية (هيرتز). وتتميز كل موجة صوتية بتردد معين خاص بها، وتميز الأذن البشرية السليمة الأصوات بين 20 هيرتز الي 20000 هيرتز. أما الشعور الأكبر للأذن البشرية للأصوات فيكون للأصوات ذات التردد بين 1000-4000 ذبذبة/ثانية، وتخف حساسية الأذن البشرية بالتدريج عندما يقل أو يزيد تردد الصوت عن هذا المدى.

وعادة تقع الأصوات المستعملة في التخاطب بين 200 الي 6000 هيرتز. وتعرف الترددات الصوتية الأقل من 20 هيرتز بأنها تحت الصوتية (الموجات تحت الصوتية infrasonic) والترددات فوق 20000 هيرتز فوق الصوتية (الموجات فوق الصوتية Ultrasonic).

وجدير بالذكر أنه ليست كل الأصوات قابلة للكشف من قبل أذن الإنسان حيث أن هناك نوعان من الصوت..

1- الصوت الخارجي: هو الصوت الذي يتجاوز مدى التردد 15 هيرتز تقريبا أي ما بعد الحد الأعلى للجلسة أو الاجتماع الطبيعي الذي له تردد عالي جدا لإثارة إحساس الجلسة أو الاجتماع.

2- الصوت الداخلي: هو الصوت الذي يصدر ترددا تحت 16 درجة هيرتز أي هو تحت المعدل الأدنى للجلسة أو الاجتماع الطبيعي والذي يعرف عموما باسم الاهتزاز.

ويجدر بالذكر هنا أن الحيوانات لها مدى صوتي يختلف عن المدى الصوتي للأذن البشرية، كما أن هذه الحيوانات تختلف فيما بينها في مدى التردد الذي تتميز فيه الأصوات.

نوضح هنا مثالا على أن بعض المدن الهندية الكبيرة التي تعتبر من أكثر المدن ضوضائية (مومباي، دلهي، شناي وكالكتا) حيث أن معدل الضوضاء بها

يزيد عن 45 درجة هيرتز حسب تقرير منظمة الصحة العالمية " W.H.O " مع أن معدل الضوضاء المقرر عالميا هو كالتالي:

- ◊ من 25 - 40 مقبول في المناطق السكنية
- ◊ من 30 - 60 مقبول في المناطق التجارية
- ◊ من 40 - 60 مقبول في المناطق الصناعية
- ◊ من 30 - 40 مقبول في المناطق التعليمية
- ◊ من 20 - 35 مقبول في المناطق المستشفيات

وتقاس شدة الصوت بوحدة تسمى الديسبل Decibel وهو اقل درجة صوت يمكن للانسان ان يسمعها (عتبة الصوت المسموع)، حيث يقدر درجة الهمس ب30 ديسبل والكلام العادي من 30-50 ديسبل، 10 ديسبل تمثل شدة خفيف اوراق الأشجار الهادئ، 90-100 ديسبل تمثل شدة صوت الرعد، 130 ديسبل تمثل عتبة الألم عند الإنسان، 140 ديسبل تمثل شدة صوت إطلاق صاروخ إلى الفضاء.

وهناك وحدة، تسمى الفون، كثيراً ما تستخدم لقياس مستوى ارتفاع النبرات. ويساوي مستوى الارتفاع بوحدة الفون لأي نبرة مستوى الشدة بالديسبل لنبرة ذات تردد 1.000 هرتز تبدو في مثل ارتفاعها. فارتفاع النبرة التي شدتها 20 ديسيلا وترددها 1.000 هرتز، على سبيل المثال، هو 20 فونا. وأي نبرة أخرى تبدو بنفس الارتفاع، بغض النظر عن ترددها وشدتها، ستعطي مستوى الارتفاع 20 فونا. فالنبرة التي شدتها 80 ديسيلا وترددها 20 هرتزاً مثلاً سيكون مستوى ارتفاعها 20 فونا إذا بدت في مثل ارتفاع النبرة التي شدتها 20 ديسيلا وترددها 1.000 هرتز.

وامكن تقسيم شدة الصوت الي مستويات مختلفة وكل مستوى له مدي معين من الديسبل كما يوضح الجدول التالي:

## جدول 5-1

بعض الامثلة عن مصادر الاصوات وشدتها وخطورتها

مصدر الصوت	شدة الصوت (ديسبل)	نوع الصوت وخطورته
استديوهات الاذاعة	20	مسموع
الهمس	30	هادي جدا
مكتبة	35	هادي جدا
غرفة جلوس	40	هاديء
الحديث العادي	60	هاديء
مكنسة كهربية	70	هاديء
شاحنة علي مسافة 18 م	80	مرتفع نسبيا
خلاط طعام	85	مرتفع نسبيا
دراحة نارية علي مسافة 8 م	90	مرتفع جدا
منبه سيارة - قطار سريع	95	مرتفع جدا
طائرة نفاثة علي ارتفاع 300 م	100	غير مريح (خطر عند سماعه)
حفار الطرق	110	غير مريح (خطر عند سماعه)
قصف الرعد الشديد	120	غير مريح (خطر عند سماعه)
موسيقى صاخبة	130	مؤلم عند سماعه (خطر)
اقلاع طائرة	150	مؤلم عند سماعه (خطر)
محرك صاروخي	180	مؤلم عند سماعه (خطر)

ومن هذا الجدول يتضح ان شدة الاصوات من 10 حتي 70 ديسبل تعتبر ذات وقع طبيعي علي الانن ولا تسبب ضررا، ولكن الاصوات اكثر من ذلك يكون لها وقع غير طبيعي، وتعتبر بداية للضوضاء.

### 5-2. مصادر الضوضاء:

هناك مصدرين رئيسيين للضوضاء هما:

- مصادر طبيعية
- مصادر غير طبيعية (بشرية)



## أولاً: المصادر الطبيعية:

وهي تشمل الانفجارات البركانية والزلازل، والرعد والاعاصير، وامواج المياه العالية. ولكن الضوضاء الطبيعية تعتبر مضايقات بيئية سرعان ما تختفي باختفاء المؤثر، والتي مهما طالت مدتها فهي قصيرة بالمقارنة بالضوضاء التي يحدثها الإنسان.

## ثانياً: مصادر الضوضاء البشرية:

وهي الضوضاء التي تسبب الإنسان في حدوثها وتشمل المصادر الآتية:

1. وسائل المواصلات والنقل المختلفة وهذه تشمل وسائل النقل البرية من سيارات وعربات، ودراجات نارية، وناقلات شحن وخلافه، بالإضافة الي وسائل النقل الجوية كالطائرات بشتي انواعها وخاصة النفاثة منها. وقد دلت الدراسات علي ان 60-80% من ضوضاء المدن سببه السيارات ووسائل النقل الاخرى، كمت يزداد معدل الضوضاء كل عام بدرجة 1 ديسبل بسبب الزيادة المطردة في وسائل المواصلات.

2. عمليات البناء والتشييد العمراني، ورصف الطرق، واقامة مشاريع الخدمات.

3. الاجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل ومكاتب العمل. وتشمل اجهزة التلفزيون والراديو والتكييف، والمكانس الكهربائية والخلاطات والغسالات ونحوها.

4. المصانع والمنشآت الصناعية والورش ومراكز الخدمة المختلفة.

وقد وصل معدل الضوضاء في المدن الكبرى الي مستويات عالية، فقد بلغ في بعض المدن الامريكية والاوربية 90-95 ديسبل، مما قاد بعض ادول السي العمل علي تخفيض معدل الضوضاء لديها الي اقل من 75 ديسبل ويوضح الجدول التالي مستويات الضوضاء في بعض المدن.

## جدول 5-2

المدينة	شدة الصوت (ديسبل)
دمشق	100-95
الرياض	95-80
الكويت (الطرق الرئيسية)	90
الكويت (قرب المطار)	162-143
القاهرة	92-70
طنطا (مصر)	84-62
مكة المكرمة (حول الحرم)	92-85
المدينة المنورة (حول الحرم)	90-85
جدة (الشوارع الرئيسية)	90-85
الدمام	85-70

## 5-3. أنواع التلوث الضوضائي وتأثيراته

تتقسم حسب مصدر التلوث وقوة تأثيره..

### 1. تلوث مزمن:

هو تعرض دائم ومستمر لمصدر الضوضاء وقد يحدث ضعف مستديم في السمع.

### 2. تلوث مؤقت ذو أضرار فسيولوجية:

تعرض لفترات محدودة لمصدر أو مصادر الضوضاء ومثال ذلك التعرض للمفرقات ويؤدي إلى إصابة الأذن الوسطى وقد يحدث تلف داخلي.

### 3. تلوث مؤقت دون ضرر:

تعرض لفترة محدودة لمصدر ضوضاء مثال ذلك ضجيج الشارع والأماكن المزدحمة أو الورش، ويؤدي إلى ضعف في السمع مؤقت يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة.

حيث تقاس شدة الصوت بوحدة (ديسيل) كما ذكرنا سابقاً، وكل الأصوات التي نسمعها يومياً تتدرج تحت مستويات رئيسية مقاسة بالديسيل وهذه المستويات هي..

#### أ- المستوى 40-50 ديسيبل

ويؤدي إلى تأثيرات وردود فعل عكسية تتمثل بالقلق والتوتر فهي تؤثر في قشرة المخ مما يؤدي إلى عدم ارتياح نفسي واضطراب وعدم انسجام صحي.

#### أ- المستوى 60-80 ديسيبل

له تأثيرات سيئة على الجهاز العصبي ويؤدي إلى الإصابة بآلام شديدة في الرأس ونقص القدرة على العمل.

#### ب- المستوى 90-110 ديسيبل

يؤدي إلى انخفاض شدة السمع ويحدث اضطرابات في الجهاز العصبي والجهاز القلبي.

#### ج- المستوى أعلى من 120 ديسيبل

يسبب ألماً للجهاز السمعي وانعكاسات خطيرة على الجهاز القلبي الوعائي كما يؤدي إلى عدم القدرة على تمييز الأصوات واتجاهها. ويعتمد مدى الضرر بالوضوء على عوامل داخلية تشمل:

1. عمر الإنسان

2. وضعه الصحي

3. مدى انشغاله.

وعوامل خارجية تضم:

1. طول الفترة الزمنية التي يتعرض لها الإنسان للضجيج، فكلما طالت فترة

التعرض للضجيج، ازداد تأثيرها على الإنسان.

2. شدة الصوت، فكلما ازداد شدة الصوت، ازداد تأثيره على صحة الإنسان.

3. حدة الصوت، فكلما ازدادت حدة الصوت كان تأثيرها على الإنسان أكبر من تأثير الأصوات الغليظة.

4. موقع السامع من مصدر الصوت حيث أنه كلما قرب السامع من مصدر الصوت كلما تأثر به أكثر.

5. الصوت المفاجيء أكثر تأثيرا من الضجيج المستمر.

وعموما:

- \* درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية تتناسب طرديا مع فترة التعرض.
- \* درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية تتناسب طرديا مع شدة الموجات الصوتية
- \* درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية تتناسب عكسيا مع المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء.

ويمكننا صياغة العلاقة التي تجمع العلاقات الثلاثة كما يلي:

فترة التعرض × شدة الموجات
درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية ∝ =
المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء

ويمكن الاستعاضة عن العلاقة الطردية في العلاقة السابقة بأدخال ثابت في العلاقة لتتحول الي معادلة يمكن صياغاتها في الصورة الآتية:

ض × فترة التعرض × شدة الموجات
درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية =
المسافة بين الإنسان ومصدر الضوضاء

حيث ض هي المعامل الضوضائي، والتي تؤدي زيادته الي زيادة درجة الخطورة للتأثيرات الضوضائية.



وتشير بعض الدراسات التي قام بها العلماء النمساويون إلى أن عمر الإنسان ينقص من 8 إلى 10 سنوات في المدن الكبيرة بالمقارنة مع سكان الأرياف بسبب التلوث الضوضائي.

وعموما تسبب الضوضاء اضرار كثيرة للإنسان منها ما هو نفسي ومنها ما هو عصبي، كما أنها تؤثر بطريقة غير مباشرة على الناحية الاقتصادية والاجتماعية وفيما يلي اهم تأثيرات الضوضاء:

#### أ- التأثيرات النفسية:

يؤدي ارتفاع شدة الصوت عن المعدل الطبيعي في البيئة الي نقص النشاط الحيوي، والاثارة والقلق، وعدم الارتياح الداخلي، والتوتر والارتباك، وعدم الانسجام والتوافق الصحي، وقلة التفكير للذين يتعرضون لذلك.

#### ب- التأثيرات العصبية:

تصل الضوضاء عبر الالياف العصبية الي الخلايا العصبية المركزية في المخ فتهيجها وهذا التأثير ينعكس علي اعضاء الجسم كالقلب الذي يسرع في نبضاته، والجهاز الهضمي الذي يضطرب فتزيد افرازات المعدة مما يؤدي الي الاصابة بالقرحة المعدية وقرحة الاثني عشر، ويمكن ان تتأثر ايضا الكبد والبنكرياس والامعاء، وتؤدي هذه التغيرات الي ارتفاع ضغط الدم. كما تسبب الضوضاء التوتر العصبي وزيادة الانفعالات التي يشكو منها كثير من الناس.

#### ج- التأثير علي السمع:

عندما يتعرض الإنسان الي صوت شدته اعلي من 50 ديسبل، يبدأ في الشكوي من قسوة هذا الصوت، ويبدأ الانزعاج منه، وعند شدة صوت 90 ديسبل تبدأ اعضاء الجسم في التأثر، فيحدث ضعف في حاسة السمع قد يزول عند زوال المؤثر والابتعاد عن الضوضاء فترة طويلة، وعند شدة صوت اعلي من ذلك (120 ديسبل فما فوق) قد يفقد الإنسان سمعه تماما ويصاب بالصمم.

#### د- التأثير علي انتاج العاملين:

تفيد الدراسات الي ان العاملين الذين يتعرضون للضوضاء اثناء عملهم تقل قدرتهم علي الانتاج، وذلك لاحتمال اصابتهم بالامراض التي ذكرت سابقا، وايضا لاثر الضوضاء علي تركيزهم وانتباههم حيث تقل قدرتهم علي القيام بالاعمال الذهنية، وتكثر فترات تغيبهم عن العمل، وعند قيام بعض الشركات بتخفيف اثر الضوضاء علي العمال وتقليل فترات تعرضهم لها زاد الانتاج وانخفض معدل الغياب.

#### تأثير الضوضاء علي طلبة المدارس:

وقد اوضحت الدراسات التي أجريت علي أطفال المدارس مدى تأثير الضوضاء علي الصحة. ففي دراسة لردود فعل الأطفال الذين تراوح أعمارهم بين 11-12 سنة، ويتعرضون إلى ضوضاء في المدارس بمعدل 47 ديسيبل، تبين أنه يحدث لديهم نقص في نشاط المخ يتمخض عنه نقص في تنبه الجملة العصبية، ومن ثم انخفاض قدرتهم علي الاستيعاب، وسوء الرؤية. كما تبين أن عندما ترتفع شدة الضوضاء في غرف الدراسة من 30 إلى 47 ديسيبل، يرتفع معدل الأدرينالين Adrenaline في الدم من 2.7 إلى 4.11%، وانخفاض معدل سكر الدم في نهاية اليوم الدراسي، وذلك، ناتج عن اتخاذ الجسم وضعاً دفاعياً ضد تأثير الضوضاء.

وفي دراسة أخرى علي طلبة المدارس تم تعريض مجموعة منهم لضوضاء تراوح شدتها من 50-60 ديسيبل خلال ساعات الدراسة، بينما عرضت المجموعة الأخرى لضوضاء تراوح شدتها من 30-49 ديسيبل، تبين أنه في نهاية اليوم الدراسي أنه يحصل لطلبة المجموعة الاولى الذين تعرضوا لضوضاء أكثر شدة، انخفاض شديد في سماعتهم لأصوات المعلمين، كما يظهر عليهم علامات التعب الشديد والشعور بطول وقت الدراسة.

## ضجيج المطارات يضعف ذاكرة الأطفال:

يقول الخبراء ان المهارات الادراكية المعتمدة على اللغة تتأثر بالضجيج أكثر من أي مهارة أخرى. وعليه فإن الضجيج العالي المصاحب لإقلاع الطائرات وهبوطها لا يشكل مصدر إزعاج فقط للأشخاص القاطنين بجوار المطارات، بل يضعف قوة الذاكرة عند الأطفال أيضا، هذا ما حذرت منه دراسة سويدية جديدة نشرتها مجلة "العلوم النفسية" المتخصصة. وأوضح العلماء في جامعة جافيل بالسويد أن ضجيج الطائرات يعطل قدرات التعلم والذاكرة، وخاصة فيما يتعلق بالنصوص الصعبة، حيث تتأثر المهارات الادراكية المعتمدة على اللغة بالضجيج أكثر من أي مهارة أخرى.

ووجد الباحثون في دراستهم التي أجروها في ألمانيا قبل افتتاح مطار ميونيخ الدولي الجديد، وإغلاق المطار القديم، على 326 طفلا يسكنون بالقرب من موقع المطارين، أن الأطفال الذين يعيشون قريبا من المطار القديم شهدوا تحسنات كبيرة في قوة الذاكرة قصيرة وطويلة المدى، وقدرتهم على القراءة بعد إغلاق المطار، أما من تعرضوا لضجيج الطائرات بعد افتتاح المطار الجديد، فقد أظهروا ضعفا واضحا في قوة الذاكرة طويلة المدى وقدراتهم على القراءة، وإدراك الكلام، والقدرة على سماع الكلمات عند وجود ضجيج، حتى أن هذه القدرة لم تتحسن عند الأطفال بعد إغلاق المطار. وللتقليل من هذه الآثار المؤذية، ينصح الباحثون باختيار مدارس الأطفال في مواقع هادئة والمجهزة جيدا بحيث تكون معزولة عن أي ضجيج، وعدم السكن بالقرب من المطارات.

## 4-5. الحماية وكيفية السيطرة على التلوث الضوضائي

يتزايد الاهتمام بالتلوث الضوضائي، حيث تعددت مصادره وازدادت أخطاره خصوصا على الإنسان حيث يعمل على خلل بعض الأعضاء داخل جسم الإنسان لذلك يتطلب اتخاذ إجراءات وقائية من أهمها..

1. الإصلاح المستمر للماكينات التي توجد بالمصانع وبهذه الخطوة من الممكن أن يقلل أو يُعَدَم الضوضاء.
2. المراقبة الصارمة على الصناعات وتعديل العمليات للسيطرة على الضوضاء أثناء إصدار وتجديد رخص العمل.
3. إصدار التشريعات اللازمة وتطبيقها بحزم لمنع استعمال منبهات السيارات ومراقبة محركاتها وإيقاف تلك المصدرة للأصوات العالية.
4. تعتبر النباتات من أهم الطرق لامتصاص الضوضاء خصوصاً الضوضاء النبضية. إن زراعة الأشجار مثل Casuarina ، بانيان، تمر هند و Neem على طول الطرق أو الشوارع العالية يساعد في تخفيض الضوضاء في المدن والبلدات.
5. منع استعمال مكبرات الصوت وأجهزة التسجيل في شوارع المدينة والمقاهي والمحلات العامة على سبيل المثال من الساعة 10 مساءً لغاية الساعة 5 فجراً.
6. نشر الوعي وذلك عن طريق وسائل الإعلام المختلفة ببيان أخطار هذا التلوث على الصحة البشرية بحيث يدرك المرء أن الفضاء الصوتي ليس ملكاً شخصياً.
7. التخطيط العمراني السليم و إبعاد المدارس والمستشفيات عن مصادر الضجيج.
8. إبعاد المطارات والمدن والمناطق الآهلة بالسكان مسافة لا تقل عن 30 كم.
9. يجب أن تكون خطوط السكة الحديدية والطرق السريعة والمطارات بعيدة عن المناطق السكنية قدر الإمكان.
10. القيام بإجراءات لخفض مستوى الضوضاء من مصادر انبعاثها.
11. القيام بإجراءات لحماية الإنسان الذي يعمل في بيئة تزداد فيها الضوضاء (ونلك بتقليل ساعات العمل وفترات التعرض وتغيير مواقع العمال واستبدالهم بأخرين).
12. استخدام المواد العازلة للصوت في بناء المنازل ومكاتب العمل والمدارس والمستشفيات وخاصة في المواقع الصاخبة.



## 5-5. تقرير حول الضوضاء في مصر والجهود المبذولة للتقليل من مخاطرها<sup>[\*]</sup>:

ارتفعت مستويات الضوضاء بمصر في الآونة الأخيرة؛ نتيجة تزايد المشاريع الجديدة، والازدياد العشوائي للأنشطة التجارية، وبعض السلوكيات الخاطئة التي تحدث في مجتمعنا، مثل استخدام آلات التنبيه، ورفع أصوات المكبرات.

### الأسباب الرئيسية للضوضاء في مصر:

تتعدد مسببات الضوضاء، وتتمثل في:

أولاً: ضوضاء وسائل المواصلات والطرق:

تعد وسائل المواصلات أحد المصادر الرئيسية للضوضاء، وتنقسم بدورها إلى:

#### 1- ضوضاء المركبات:

وتنتج ضوضاء المركبات عما يلي:

- محرك المركبة.
- الشكمان (ماسورة العادم).
- آلات التنبيه.
- صوت مروحة التبريد وصندوق نقل حركة التروس والفرامل.
- احتكاك الإطارات بالطرق.

#### 2- ضوضاء السكك الحديدية.

#### 3- ضوضاء الطائرات.

### ثانياً: ضوضاء الإنشاءات والمباني:

تعتبر ضوضاء المباني والإنشاءات من مصادر الضوضاء المزعجة، وخاصة أعمال الحفر، وخلطات الأسمنت، وحركة الأوناش، ورصف الطرق، وأعمال اللحام، إلا أنها تُعتبر ضوضاء غير دائمة في مناطق محددة؛ حيث تنتهي بانتهاء أعمال المباني.

<sup>[\*]</sup> وزارة الدولة لشئون البيئة جهاز شئون البيئة-الإدارة العامة للإعلام-2006/4/30.

### ثالثاً: ضوضاء الأنشطة التجارية والبشرية:

تعتبر الضوضاء الناتجة من الأنشطة التجارية والبشرية، مثل تواجد المحلات أسفل العقارات بجميع أنواعها وأنشطتها، من أسباب الضوضاء التي يصعب التحكم فيها؛ ولذا يجب نقل الأسواق والأنشطة التجارية من المناطق السكنية.

### رابعاً: ضوضاء مكبرات الصوت والاحتفالات:

تصدر هذه الضوضاء عن استعمال مكبرات الصوت في الاحتفالات والأفراح في الأماكن المفتوحة، واستعمال السماعات ذات القدرة الصوتية العالية في صالات الأفراح والملاهي، هذا بالإضافة إلى استعمال المكبرات في المآتم ولدى الباعة الجائلين.

### خامساً: ضوضاء المنشآت الصناعية:

ضوضاء المصانع تؤثر على البيئة الخارجية حيث أن المناطق السكنية قد زحفت على المناطق الصناعية مما أدى إلى تأثر المواطنين بالضوضاء الناتجة عن المصانع.

### سادساً: ضوضاء أنظمة التبريد المركزية والمكيفات:

نتيجة لعدم وجود كود ضوضاء للمباني، وعدم وجود تصميم صوتي لمواضع التكييفات وأنظمة التكييف المركزي، وتركيبها في أماكن غير مناسبة، مما يؤدي إلى زيادة الضوضاء الناتجة عنها، وزيادة شكاوى المواطنين.

### 5-6. مكافحة الضوضاء البيئية

إن أسلم وأقصر الطرق إلى مكافحة الضوضاء البيئية يكون من خلال تصحيح سلوكيات المواطنين على النحو التالي:

- إدخال البعد البيئي لدى النشء في المدارس والجامعات.
- مراعاة عدم رفع صوت التلفزيون والراديو والكاسيت مراعاة للجيران.
- خفض أصوات الكاسيت والسماعات في المحلات التجارية.

- منع استخدام مكبرات الصوت لدى الباعة الجائلين.
- عدم استخدام مكبرات الصوت الخارجية في الاحتفالات والأفراح.
- استبدال الميكروفونات داخل المدارس بسماعات داخلية.
- ترشيد سائقي المركبات في استخدام آلات التنبيه.
- عدم استخدام السارين الهوائية في المركبات واستخدام آلات التنبيه في الطرق السريعة عند الضرورة فقط.
- الترشيح في استخدام السارين الخاصة بعربات الشرطة والإسعاف.
- صيانة المركبات للحد من الضوضاء الصادرة عن المحرك والشكمان.

### تعاليم الأديان في الحد من الضوضاء:

لا تتنافى سلوكيات المجتمع الخاطئة بالنسبة للضوضاء مع الذوق السليم والإحساس بالمسؤولية فحسب، بل أنها تخالف تعاليم جميع الأديان السماوية والمبادئ الإنسانية، وقد استنكر النص القرآني الكريم رفع الصوت؛ حيث يقول تعالى: {وأقصد في مشيك واغضض من صوتك إن أنكر الأصوات لصوت الحمير} [سورة لقمان:]

### جهود وزارة البيئة للحد من الضوضاء:

إدراكاً من وزارة الدولة لشئون البيئة بخطورة الضوضاء على صحة الإنسان المصري، قامت الوزارة بإعداد الخطة القومية للحد من التلوث السمعي الناتج عن الضوضاء، والتي تشمل على:

أولاً: إعداد برنامج قومي لمكافحة الضوضاء والحد من مصادرها، ينفذ خلال السنوات الست القادمة، وتشارك فيه بالإضافة إلى وزارة الدولة لشئون البيئة وزارات: الداخلية، والسياحة، والأوقاف، والتخطيط والتنمية المحلية، والصحة والسكان، والطيران المدني، والتجارة والصناعة، والنقل، والإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، والتربية والتعليم.

ووفقاً لهذا البرنامج تقوم وزارة الدولة لشئون البيئة بـ:

- 1- مراجعة وتعديل المعايير والحدود القصوى لمستويات الضوضاء الواردة في اللائحة التنفيذية لقانون البيئة، ووضع معايير وحدود لضوضاء المركبات والطرق السريعة.
- 2- تنفيذ حملة إعلامية بالتعاون مع وسائل الإعلام لرفع الوعي البيئي بمكافحة الضوضاء.
- 3- الاشتراك مع شرطة البيئة في تنفيذ حملات للتفتيش على مصادر الضوضاء الثابتة والمتحركة.
- 4- إقامة شبكة رصد للضوضاء البيئية، وإعداد خريطة للضوضاء البيئية وقاعدة بيانات عن مستويات الضوضاء؛ للاستفادة منها عند إقامة منشآت جديدة، وتصحيح الأوضاع الحالية.
- 5- إمداد الوزارات والجهات المعنية بنتائج الرصد وقيم مستويات الضوضاء؛ للاستفادة منها في إقامة أي مشروعات قومية، مثل: الطرق السريعة، والكباري، والمستشفيات، والمدارس، والمناطق السكنية.
- 6- تدريب المختصين في مجال الضوضاء لدى الوزارات المعنية طبقاً للاحتياجات الواردة للوزارة.

ثانياً: تكثيف حملات مشتركة من وزارة البيئة وأجهزة وزارة الداخلية؛ لتحقيق الانضباط البيئي للسيطرة على مصادر الضوضاء، وتشمل:

- أ- تكثيف الحملات مع شرطة البيئة في السيطرة على ضوضاء المصادر الثابتة (المناطق التجارية- المناطق الصناعية- المقاهي- قاعات الاحتفالات- محلات الكاسيت- المدارس).
- ب- تكثيف الحملات مع شرطة المرور وشرطة المرافق وأجهزة مديريات الأمن في السيطرة على المصادر المتحركة (المركبات ووسائل النقل- مكبرات الصوت- السكك الحديدية- مترو الأنفاق- العائمات النهرية).



ثالثاً: التفتيش الدوري على المنشآت، وقياس مستويات الضوضاء داخل وخارج المنشآت، من خلال جميع أفرع الجهاز، وإعداد قاعدة بيانات لنتائج هذه القياسات ونشرها على الموقع الإلكتروني للوزارة.

رابعاً: تنفيذ حملات إعلامية لرفع مستوى الوعي البيئي لدى المواطن المصري، فيما يتعلق بالمشاركة في خفض الضوضاء والآثار السلبية الناتجة عنها؛ حيث تم إعداد مواد إعلامية (مطويات وملصقات) للتوعية بمخاطر الضوضاء، وتم توزيعها خلال الاحتفالات بيوم البيئة العالمي في شهر يونية 2005، حيث تم توزيع:

أ- عدد 95 ألف ملصق + عدد 24 ألف مطوية.

ب- عدد 5 آلاف ملصق، وعدد 6 آلاف مطوية على نطاق واسع في جميع محافظات الجمهورية.

خامساً: إعداد المواصفات المصرية الخاصة بالصوتيات والضوئيات والضوضاء والوسائل الصوتية، مع الهيئة المصرية للسلامة والجودة؛ حيث يتم الالتزام بتطبيق المعايير الواردة فيها؛ لضمان خفض مستويات الضوضاء من مصادرها المختلفة.

سادساً: قامت وزارة الدولة لشئون البيئة بـ:

\* إمداد الإدارة العامة لشرطة البيئة والمسطحات المائية بأجهزة قياس مستوى الضوضاء؛ وذلك تسهيلاً للسيطرة على مصادر الضوضاء المختلفة، وتكثيف حملات التفتيش علي (المنشآت السياحية، والعائمات النهرية، وقاعات الاحتفالات والأفراح)، كما تم عقد برنامج تدريبي علي كيفية استخدام الأجهزة وطرق قياس مستويات الضوضاء وتحليل النتائج في إدارة شرطة البيئة للعاملين علي هذه الأجهزة.

\* زيادة عدد أجهزة قياس مستوى الضوضاء في جهاز شئون البيئة والأفرع التابعة له، كما تم تدريب جميع العاملين في مجال الضوضاء في الجهاز والفروع علي كيفية استخدام أجهزة قياس مستوى الضوضاء وطرق القياس وتحليل النتائج؛

وذلك تمهيداً لتكثيف حملات التفتيش علي مصادر الضوضاء المختلفة طبقاً  
لخطة مكافحة الضوضاء.

\* إمداد الإدارة العامة للتفتيش البيئي بأجهزة قياس مستوى الضوضاء، كما تم  
تدريب جميع المفتشين بالإدارة علي كيفية استخدام الأجهزة وطرق قياس مستوى  
الضوضاء وتحليل النتائج؛ لتسهيل القيام بالمعاينات والقياسات الخاصة  
بالضوضاء أثناء التفتيش علي المنشآت المختلفة.

# الإفصل السادس

## التلوث الإشعاعي وأثاره البيئية والصحية

6. مقدمة عن التلوث الإشعاعي
  - 6-1. تصنيف الأشعة
  - 6-2. الطيف الكهرومغناطيسي
  - 6-3. النظائر المشعة
    - 6-3-1 عمر المادة المشعة
    - 6-3-2 نواتج تفكك النظائر المشعة
  - 6-4. الجرعة الإشعاعية
  - 6-5. مصادر التلوث بالمواد المشعة
  - 6-6. الآثار الحيوية للإشعاعات المؤينة
  - 6-7. دور الإشعاع في مجال البيئة
  - 6-8. التحكم في التلوث بالمواد المشعة
  - 6-9. طرق السيطرة على التلوث الإشعاعي





## التلوث الإشعاعي واثاره البيئية والصحية

### 6. مقدمة عن التلوث الإشعاعي

التلوث الإشعاعي هو احد صور التلوث الفيزيائي للبيئة، ويمكن تعريفه بأنه تلوث الانظمة البيئية الثلاث بالعناصر أو المواد أو العوامل ذات الطبيعة الاشعاعية.

كما يمكن تعريفه بأنه هو وجود نشاط إشعاعي في بيئة معينة، فوق الحد المسموح به وبشكل يضر بالإنسان والكائنات الحية.

ويحدث التلوث الإشعاعي عند انطلاق أو تسرب المواد المشعة (صلبة، سائلة أو غازية) من الأوعية أو الخزانات أو المفاعلات التي تحتويها من خلال تقوب أو شروخ بها أو نتيجة لانفجارها. تندمج المواد المشعة بعد تسربها في عناصر البيئة المختلفة مثل الماء والتربة والهواء لتنتقل بعد ذلك إلى الإنسان.

وتلوث الماء بالمواد المشعة يمكن أن ينتقل مباشرة إلى الإنسان بالتسرب أو من خلال تناول الحيوانات والأسماك والنباتات البحرية التي تعتبر ذات قدرة علي تركيز المواد المشعة في أجسامها.

أما تلوث التربة بالمواد المشعة فينتقل إلى النباتات ومنها إلى الإنسان مباشرة أو عند تناول الحيوانات التي تتغذى علي تلك النباتات الملوثة و بالرغم من ذلك فإن تسرب المواد المشعة إلى التربة هو أقل عمليات التلوث خطورة بسبب كونه موضعيا لأن الزمن اللازم لكي تتحرك المواد المشعة عبر طبقات التربة إلى أن تصل للمياه الجوفية يكون طويلا.

ويعتبر التلوث الأشعاعي من اخطر انواع التلوث حيث أنه لايري او يشم غالبا، فهو يدخل الي الجسم دون ان يدل علي تواجده أو ترك اثر في باديء

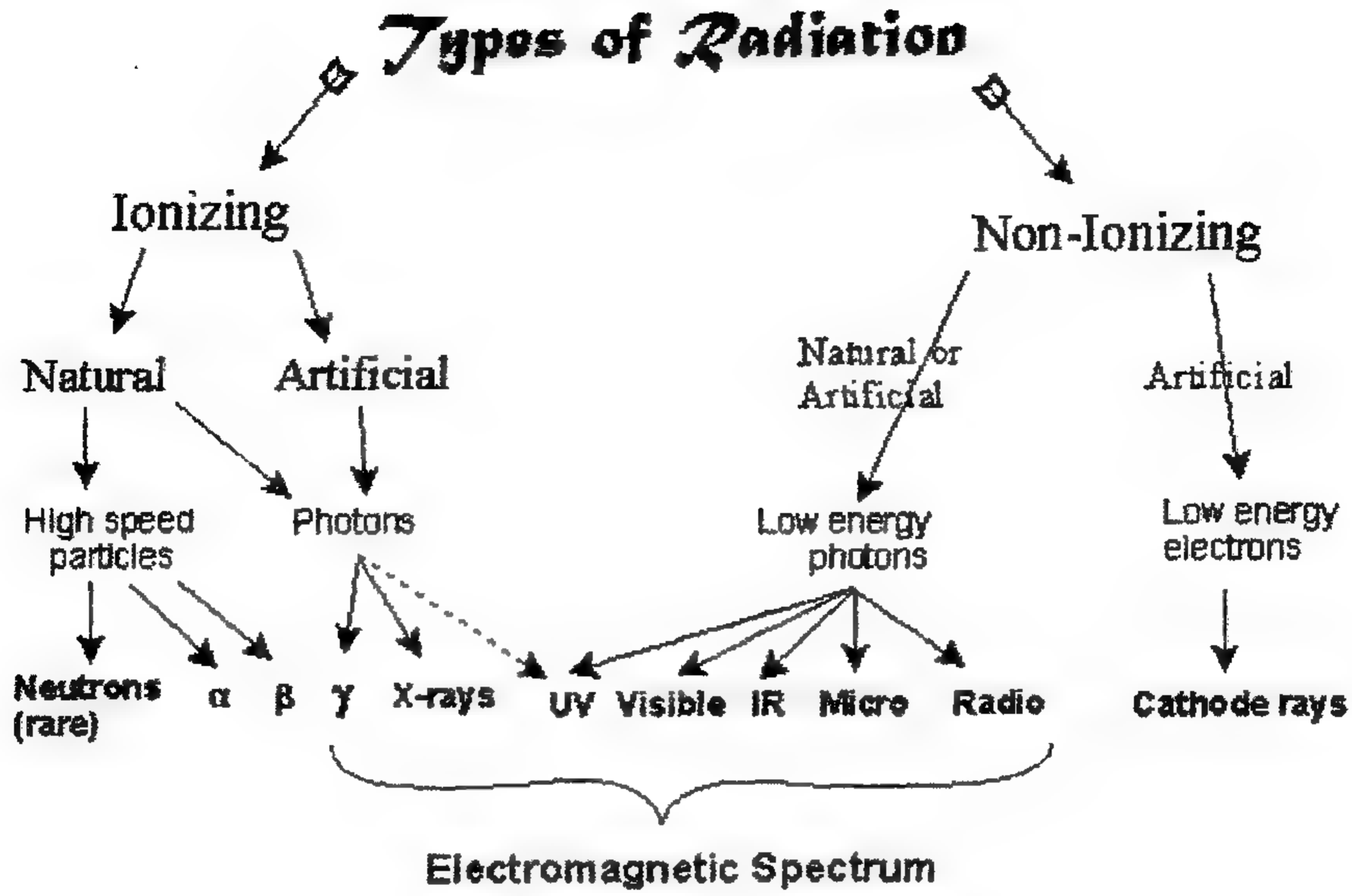
الامر. وكثير من الأشعة ذات طبيعة تراكمية في الكائنات الحية اي تتراكم في الخلايا ويظهر تأثيرها عندما تصل لتركيز معين. ويختلف هذا التأثير حسب نوعية الاشعاع فقد يكون ذو تأثير حراري فقط أو تأثير بيولوجي ويسبب الامراض.

والتلوث الإشعاعي يكون بفعل العناصر والمواد المشعة التي تؤثر علي الحياة سلبا ويقولد عنه العديد من المخاطر عبر فترة زمنية من خلال سلسلة من التفاعلات المطردة الناجمة عن هذا النوع من التلوث. والمخاطر الصحية المتأتية عبر هذا النوع من التلوث تعتمد علي عوامل عديدة منها:

- حجم وكمية المادة المشعة الممتصة.
- نوع الاشعاع وطبيعته.
- قوة الاشعاع وقدرته علي التغلغل داخل الخلايا.
- معدل الجرعة الصادرة عن المادة المشعة.
- نسبة الخلايا والانسجة المعرضة للاشعاع.

#### 6-1. تصنيف الأشعة

يمكن تصنيف الأشعة حسب قدرتها علي تأيين الوسط التي تقع عليه الي اشعة مؤينة واشعة غير مؤينة. كما ينبغي تصنيفها تبعا لمصدرها فتكون اشعة طبيعية او صناعية. يمكن تصنيفها حسب طبيعتها الي موجات كهرومغناطيسية واخري علي شكل جسيمات. ويبين الشكل التالي تصنيف الاشعة من حيث كونها مؤينة او غير مؤينة.



شكل 1-6 تصنيف الاشعة

## 2-6. الطيف الكهرومغناطيسي

الطيف الكهرومغناطيسي او الأشعة الكهرومغناطيسية او الأمواج الكهرومغناطيسية كلها تحمل نفس المعنى الفيزيائي، وحين التحدث عن جزء خاص من هذا الطيف الكهرومغناطيسي مثل الضوء المرئي المايكروويف وأشعة اكس وأشعة جاما وموجات التلفزيون والراديو كلها عبارة أشعة تعرف باسم الأشعة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Radiation وكلها لها نفس الخصائص ولكنها تختلف في الطول الموجي Wavelength او التردد Frequency .

وتشتمل الموجات الكهرومغناطيسية علي عدة انواع يتم التمييز بينها حسب اطوالها الموجية او تردداتها او طاقتها وترتبط هذه الخواص بالمعادلات الآتية:

$$F = c / \lambda$$

حيث  $f$  تردد الموجة

$c$  سرعة الضوء 300 ألف كيلومتر / ثانية

$\lambda$  الطول الموجي للموجة

$$E = h \times f$$

E طاقة الموجة

h ثابت بلانك

ويوضح الجدول التالي بعض انواع الاشعاعات الكهرومغناطيسية

جدول 1-6

نوع الاشعاع	الطول الموجي
موجات الراديو	اكبر من 3 سم
موجات الميكرويف	3-0.04 سم
الأشعة تحت الحمراء	400-0.780 ميكروميتر
الموجات المرئية	380-780 نانوميتر
الموجات فوق البنفسجية	10-380 نانوميتر
الأشعة السينية	0.01-10 نانوميتر
اشعة جاما	اقل من 0.01 نانوميتر

وتشتمل الاشعاعات الجسيمية علي جسيمات متعادلة مثل النيوترونات، وجسيمات مشحونة منها ما هو خفيف مثل اشعة بيتا (الكترونات) والبوزيترونات (جسيمات موجبة)، ومنها ما هو ثقيل مثل البروتونات وجسيمات الفا.

### 3-6. النظائر المشعة

تتركب جميع العناصر الكيميائية من ذرات. ولكل ذرة عدد كتلي، وهو عبارة عن مجموع البروتونات والنيوترونات. وعدد ذري، وهو مجموع البروتونات فقط. ونظائر العناصر الكيميائية هي أشكال من العنصر الكيميائي لذرتها نفس العدد الذري Z، ولكنها تختلف في الكتلة الذرية وكلمة نظير، تعنى نفس المكان، وذلك لأن كل النظائر المختلفة للعنصر تشغل نفس المكان بالجدول الدوري.

الرقم الذري يساوى عدد البروتونات الموجودة في الذرة. وعلى هذا فإن نظائر عنصر محدد تحتوى على نفس عدد البروتونات. والإختلاف يكون في عدد



الكتلة الذرية والذي ينتج من إختلاف عدد النيوترونات في نواة الذرة وتتشابه النظائر في الخواص الكيميائية وتختلف في الخواص الفيزيائية.

كما أن نظائر أى عنصر تشكل مجموعة النيوكليدات. والنيوكليد هو نوع معين من نواة الذرة، وللتعميم فإنه عبارة عن تكتل البروتونات والنيوترونات. ولمزيد من الدقة فإن من الأصح القول بأن عنصر مثل الفلور يتكون من نيوكليد واحد ثابت بدلا من القول بأن له نظير واحد ثابت.

عند تطبيق عملية التسمية العلمية فإن النظير (النيوكليد) محدد بإسم العنصر متبوعا بشرطة ثم عدد النيوكلونات (البروتونات والنيوترونات) الموجودة في نواة الذرة (مثال، هيليوم-3. كربون-12، كربون-14، حديد-57، يورانيوم-238). وعند إستخدام الاختصارات فإنه يتم وضع رقم النوكلونات اعلى رمز العنصر ( $U^{238}$ ,  $Fe^{57}$ ,  $C^{14}$ ,  $C^{12}$ ,  $He^3$ ).

تصنف النظائر عامة تحت عنوانين اثنين:

الاول: " نظائر مستقرة " وهي لا تتغير أبداً وتشكل غالبية العناصر الموجودة في الطبيعة وتكون نسبتها إلى بعضها من أجل عنصر محدد ثابتة.

الثاني: " غير مستقرة او مشعة " وهي أقل وفرة في الطبيعة من النظائر المستقرة، ويرجع سبب عدم استقرارها لوجود طاقة زائدة داخل نوى ذراتها ما يجعلها تسعى دائماً وبشكل تلقائي للتخلص من هذه الطاقة، وعندما تطلقها او تطلق جزءاً منها نقول أنها تفككت او اضمحلت، وبالنتيجة تنتقل نواة الذرة من حالة إلى حالة أخرى إذا أصدرت أشعة غاما او أنها تتحول إلى نظير آخر إذا أطلقت أشعة ألفا او أشعة بيتا.

ولقد اكتسبت بعض هذه النظائر شهرة فائقة للاستفادة منها في الأغراض السلمية في أكثر من مجال: تستخدم في الطب لمعالجة بعض الأمراض مثل اليود المشع وفي الزراعة للحفاظ على الأغذية وفي مجال الصناعة للحصول على الطاقة الكهربائية مثل اليورانيوم.

### 6-3-1. عمر المادة المشعة

يعرف النشاط الإشعاعي لعنصر ما بأنه عدد الأنوية التي تتفكك أو تتحلل في الثانية الواحدة لينتج من هذا التحلل انبعاث جسيمات موجبة أو سالبة وإشعاعات كهرومغناطيسية.

والنشاط الإشعاعي للعناصر المشعة تتغير مع الزمن وقد استعملت عبارة نصف العمر للدلالة على مدة بقاء المادة المشعة ويعرف عمر النصف life half الذي يعرف بأنه الزمن اللازم لكي تتحلل نصف عدد الأنوية. وهناك عناصر لها عمر نصف كبير يقدر بـ  $1.39 \times 10^{10}$  سنة كعنصر الثوريوم  $Th^{232}$  وأخرى مثل البولونيوم  $Po^{212}$  يبلغ عمر النصف فيها  $10^{-7} \times 3$  ثانية. والجدول التالي يبين فترات عمر النصف لبعض العناصر.

جدول 6-2

عمر النصف	العنصر
700000000 سنة	يورانيوم 235
5730 سنة	كربون 14
1622 سنة	راديوم 226
5 سنة	كوبلت 60
8 أيام	اليود 131
15 ساعة	الصوديوم 24
1/1000000 ثانية	البولونيوم 212

ولمعرفة مقدار الذرات المتبقية هناك معادلة يطلق عليها معادلة التحلل النووي وهي تأخذ الشكل التالي:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

حيث  $N(t)$  تمثل عدد الأنوية المشعة المتبقية عند الزمن  $t$ .

$N_0$  العدد الأصلي للأنوية.

$\lambda$  ثابت التحلل Decay Constant وهو يعطى بالعلاقة  $\lambda = 0.693 / T$  ووحداته (وحدة زمن<sup>-1</sup>).

و  $t$  هي الزمن الحالي.

### 6-3-2. نواتج تفكك النظائر المشعة

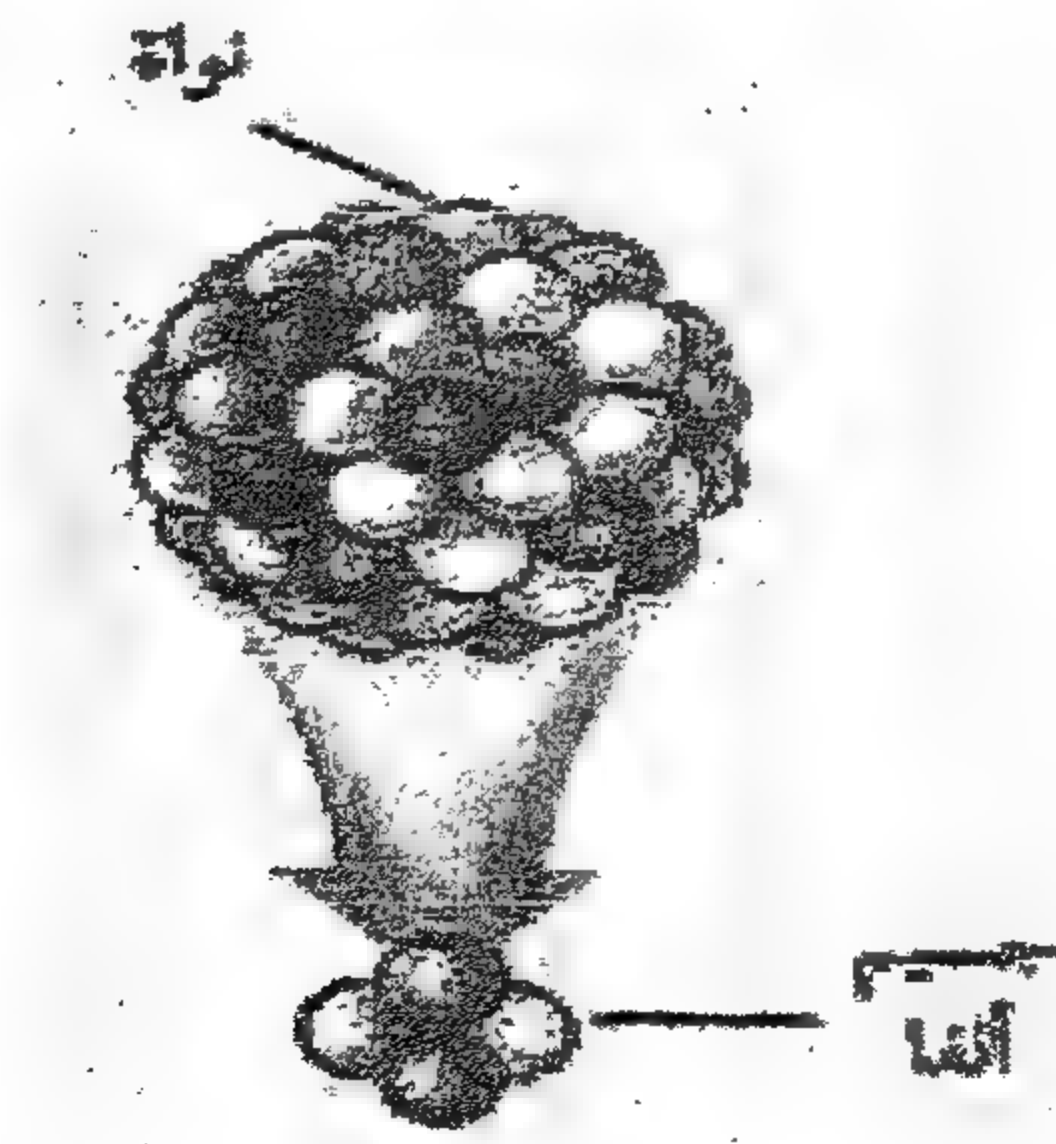
ينتج عن تفكك النظائر المشعة العديد من الجسيمات المشعة والاشعة والجسيمات المشحونة وغير المشحونة من اهم تلك النواتج:

#### أولاً: جسيمات ألفا Alpha particles

وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وهي موجبة الشحنة (تحتوى على عدد 2 بروتون و 2 نيوترون) وهي تحمل شحنة كهربائية موجبة، وتساوي كتلته كتلة 7300 إلكترون. وتتطلق جسيمات ألفا عن نوى بعض الذرات النشطة إشعاعياً، وتصبح معظمها في النهاية مكونة من إلكترونين فقط متحولة إلى ذرات هيليوم.

وقدرتها على النفاذ فيه ضعيفة حيث يمكن امتصاصها بورقة اوحجبها برقيقة من الألمونيوم سمكها 0.06 ملم.

وهي تمتاز بقوة التآكل للوسط الذي تمر فيه مما يشكل خطراً على الإنسان اذا تمكنت من الدخول للجسم.



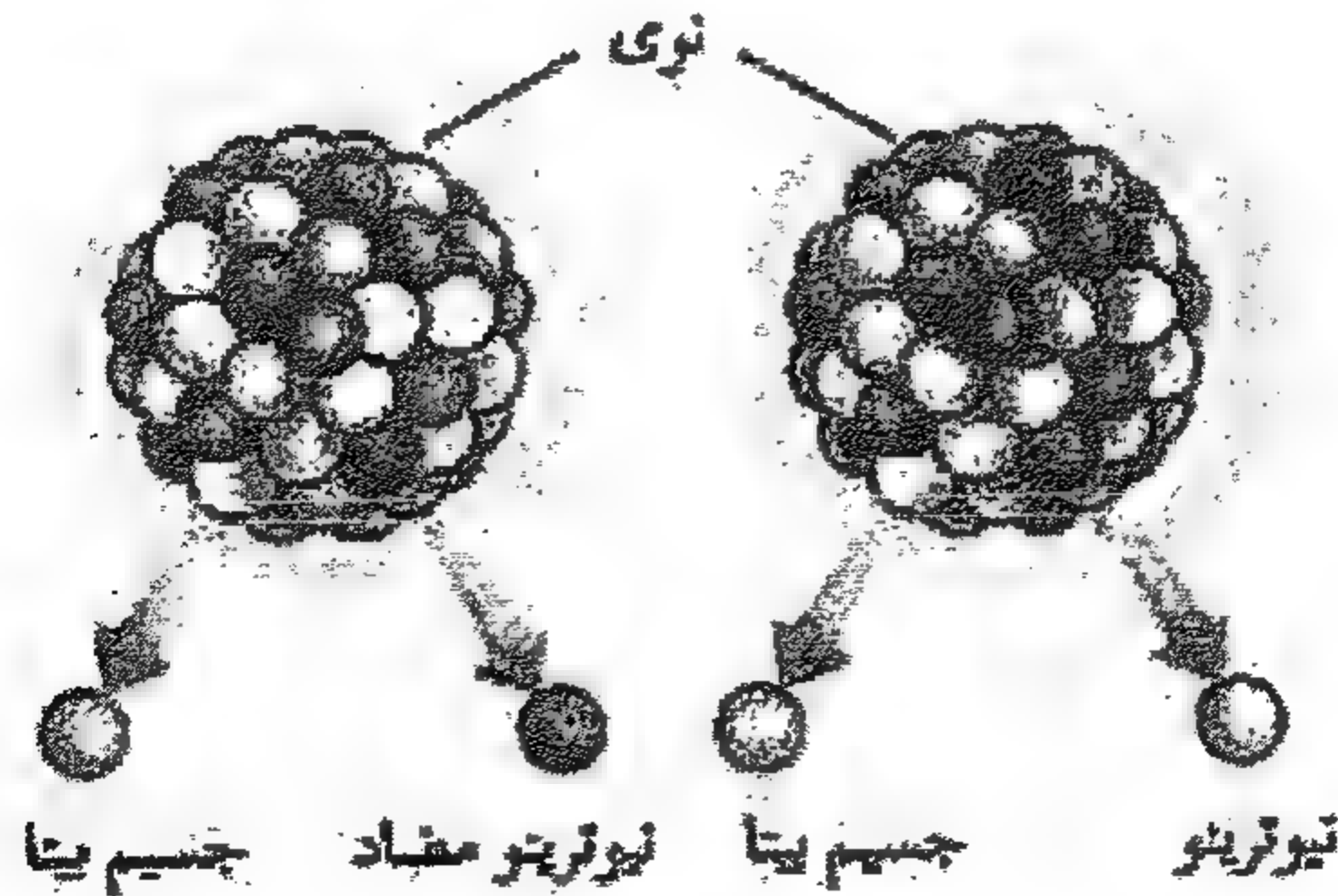
جسيمات ألفا. تتكون من بروتين ونيوترونين تعمل كلها جسيماً واحداً. وعندما تبت نواة ذرة مشعة جسيم ألفا تفقد بروتونين ونيوترونين.

## اشعه بيتا : Beta Particles

هذه الجسيمات إلكترونات، وتنتج معظمها عندما تتعرض ذرة نشطة إشعاعياً إلى تحول نووي. وفي العملية يتغير نيوترون في نواة الذرة إلى بروتون وينطلق جسيم بيتا.

ومعظم جسيمات بيتا سالبة الشحنة، ولكن بعضها موجبة الشحنة، وتسمى البوزيترونات، حيث ينتج البوزيترون عندما يتحول بروتون إلى نيوترون. والبوزيترونات أحد أشكال المادة المضادة، وهي مادة تشبه المادة العادية، غير أن شحنتها معكوسة. وعندما يصطدم البوزيترون بإلكترون سالب الشحنة يدمر كل من الجسيمين الجسيم الآخر، وينتج عن ذلك فوتونان أو ثلاثة فوتونات من أشعة جاما. ويصاحب إشعاع بيتا جسيمان صغيران آخران هما النيوتريـنو والنيوترينو المضاد. فعندما تنتج النواة بوزيتروناً، تطلق أيضاً جسيم نيوتريـنو، والذي لا يحمل أي شحنة، وكتلته غير محددة، وعندما تولد النواة جسيم بيتا سالب الشحنة وتطلقها، تطلق معه أيضاً جسيم نيوتريـنو مضاد، وهو الشكل المضاد للنيوتريـنو، وقدرة اشعة بيتا على النفاذية والاختراق مائه مرة قدرة جسيمات ألفا فنحن بحاجة إلى رقيقة من الألمنيوم سمكها 3 ملم لحجبها.

أما قوه التاين فهي ضعيف بالمقارنة بجسيمات ألفا وسرعتها تقريبا تمثل واحد من عشرة من سرعه الضوء.

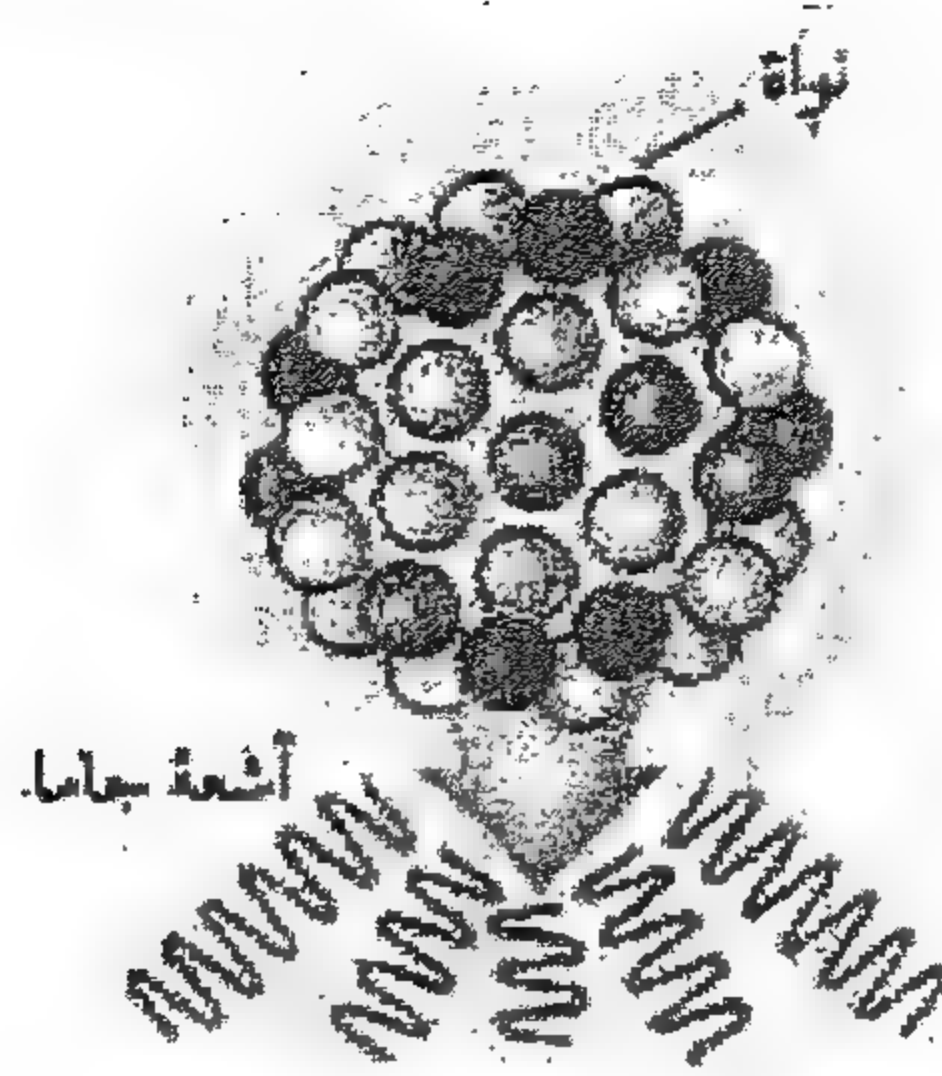


جسيمات بيتا. إلكترونات عالية السرعة تُطلق من نوي بعض العناصر المشعة. وقد تكون جسيمات بيتا سالبة أو موجبة. وعندما تطلق النواة جسيم بيتا سالب الشحنة، تطلق معها أيضاً نيوتريـنو مضاد.



## أشعة جاما Gamma Rays:

عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية لها قدره عاليه على النفاذ وتزداد بزياده طاقتها سرعتها تقريبا تعادل سرعه الضوء. تقاس طاقة الأشعة بوحدة تدعى " المليون إلكترون فولط ". ولحجبها نحتاج صفيحة من الحديد سمكها 30سم. وهكذا فإن مقدرة المواد على إضعاف الأشعة او حجبها مختلف.



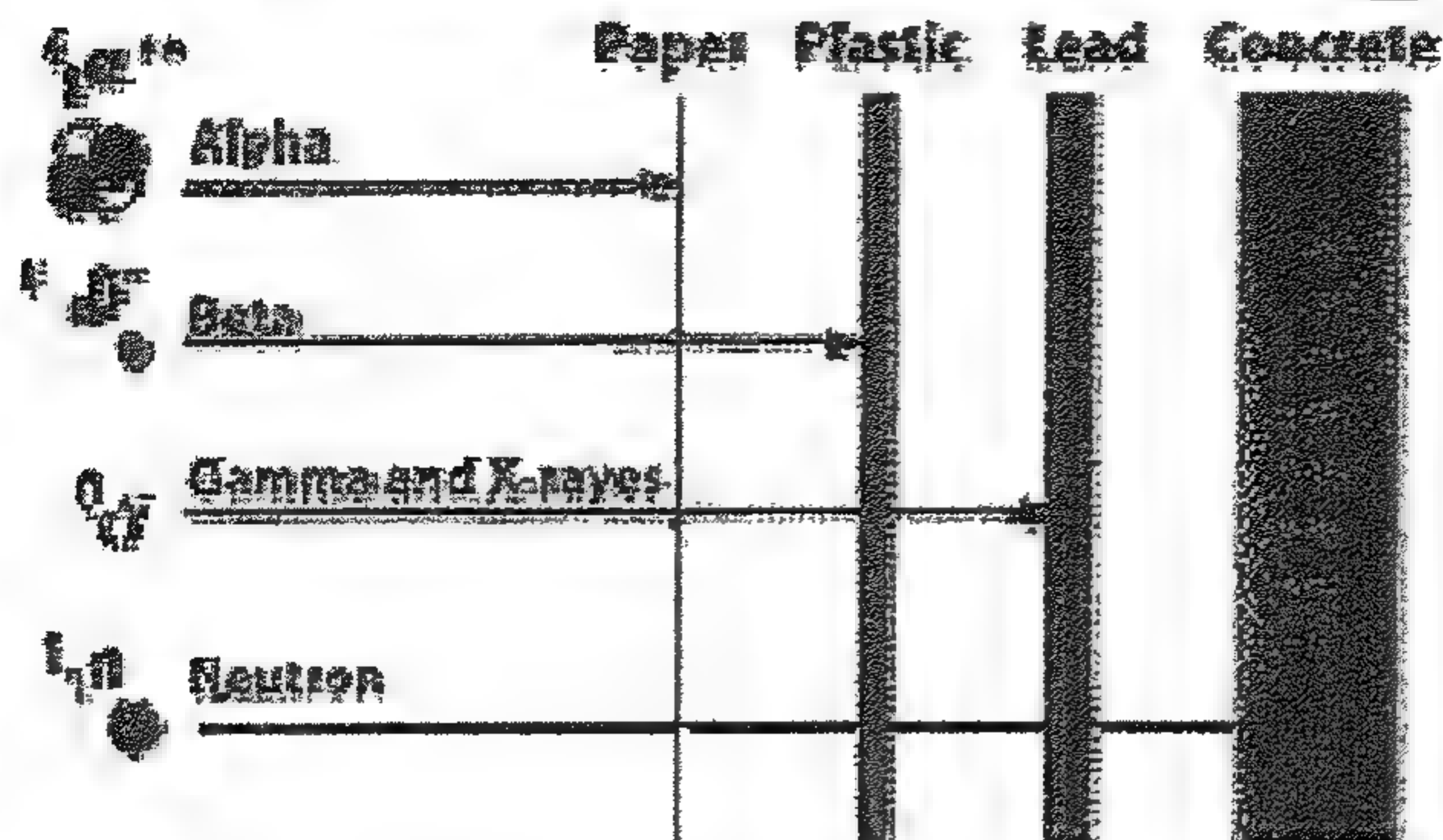
أشعة جاما. جسيمات من طاقة كهرومغناطيسية تسمى الفوتونات. تُطلق أشعة جاما عندما تكون النواة في حالة طاقة عالية بعد الانحلال الإشعاعي. وتنتقل أشعة جاما بسرعة الضوء.

## البروتونات والنيوترونات:

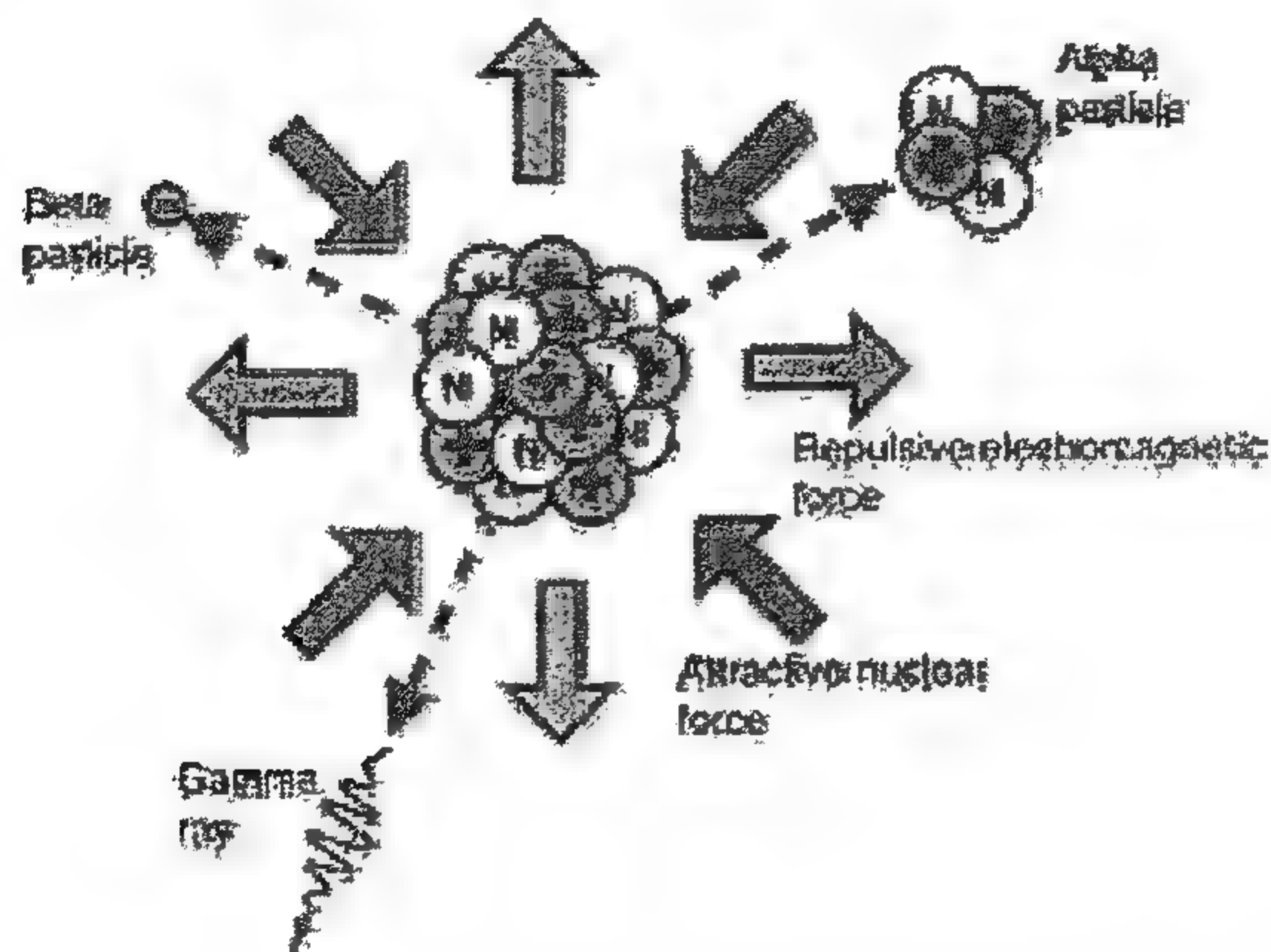
النيوترونات عبارة عن جسيمات غير مشحونة كهربيا، تنطلق من النوي الذرية وتنتج أيضا من داخل المفاعلات النووية عن انقسام نوي اليورانيوم ويمكنها تايين الذرات بصورة غير مباشرة.

وتبلغ كتلة كل من البروتون او النيوترون كتلة 1850 إلكترونًا تقريبا، ولكن كتلة النيوترون أكبر قليلاً من كتلة البروتون. والإشعاع النيوتروني أكثر شيوعاً من الإشعاع البروتوني، الذي ينتج في الطبيعة نادراً.

## Penetrating Distances



صورة تبين قدرة اختراق انواع الاشعة المختلفة



صورة تبين القوى النووية الجاذبة بين البروتونات والنيوترونات وقوى التنافر بين البروتونات وكذلك أنواع النشاط الإشعاعي النووي مثل إشعاعات جاما وجسيمات ألفا

### 4-6. الجرعة الإشعاعية (Radiation Dose)

نفرض أن هناك مصدراً مشعاً يبعث أشعة  $\gamma$ ، وكمثال على ذلك المصدر المشع السيزيوم  $^{137}\text{Cs}$  الذي يبعث أشعة  $\gamma$  بطاقة أحادية مقدارها  $E_\gamma = 662 \text{ keV}$  وله نصف عمر زمني قدره 30 سنة. فإذا وضعت كتلة من الماء على شكل مكعب في مسار هذه الأشعة ولمدة معينة فستحصل تغيرات في هذه العينة من الماء.

هذه التغيرات ناشئة بسبب امتصاص كتلة الماء جزءاً من الطاقة الساقطة عليها في خلال تلك الفترة الزمنية. وبمعنى آخر وبكلمات أكثر وضوحاً نستطيع أن نَعْبِرَ عن ذلك بأن مكعب الماء قد أخذ جرعة إشعاعية. وعلى هذا الأساس يمكن تعريف الجرعة الإشعاعية بأنها الطاقة الممتصة من الشعاع الساقط لكل وحدة كتلة من المادة.

أما إذا كان الوسط الماص هو الهواء فلا تسمى بالجرعة الممتصة ولكن تعرف بالتعرض الإشعاعي.

### وحدات الإشعاع (Radiation Units):

لأي كمية فيزيائية وحدات و أبعاد تصفها. فالوحدات هي التي تعطي تصوراً عن طبيعة هذه الكمية. ولا بد من الأخذ في الاعتبار نظام هذه الوحدات فالأنظمة المتبعة -غالباً- في الوحدات هي النظام الدولي للوحدات SI ونظام cgs، فلا يخلط بين نظامين أو أكثر في عملية حسابية واحدة.

والجدول التالي يبين بعض وحدات الإشعاع ومقدارها المستخدمة في النظام الدولي.

جدول 4-6

الكمية الإشعاعية	الوحدات ( النظام الدولي SI)	مقدارها
طاقة الشعاع	ال جول J	$1\text{J}=6.2422\times 10^{18}\text{ eV}$
النشاط الإشعاعي	الكوري Ci ، وقد استبدلت بوحدة أصغر منها وهي البيكرل Bq	$1\text{Ci}=3.7\times 10^{10}$ اضمحلال في الثانية $1\text{Bq}=1$ اضمحلال في الثانية
الجرعة الممتصة	الراد rad ، وقد استبدلت بوحدة أكبر منها وهي الجراي Gy	$1\text{rad}=100\text{ erg/g}=0.01\text{ J/kg}$ $1\text{Gy}=100\text{ rad}=1\text{ J/kg}$
التعرض الإشعاعي	الرونجن R	$1\text{R}=2.58\times 10^{-4}\text{ C/kg}$ في الهواء
الجرعة المكافئة	الرم rem ، وقد استبدلت بوحدة أكبر منها وهي السيفرت Sv	$1\text{ rem}=1\text{ rad}$ $1\text{ Sv}=100\text{ rad}=1\text{ Gy}$

## بعض الإشعاعات النووية:

رمزه	الإشعاع النووي
•	جسيمات ألفا Alpha Particles
	جسيمات بيتا (السالبة او الموجبة) Beta Particles
n	النيوترونات Neutrons
p	البروتونات Protons
$\gamma$	أشعة جاما Radiation Gamma

ومما لا يدركه البعض أننا قد نتعرض للإشعاع خصوصاً المؤين منه من بيئتنا التي نعيش فيها وذلك عن طريق الهواء الذي نستنشقه او الماء الذي نشربه والطعام الذي نأكله. حيث يوجد البعض من العناصر المشعة مثل البوتاسيوم Potassium (K) والرادون Radon (Rn).

والراديوم Radium (Ra) إلى ما غير ذلك من المصادر التي ربما كان للإنسان سبباً في وجودها. وعلى هذا فيمكننا تقسيم الإشعاع المؤين إلى قسمين، إشعاعات طبيعية وإشعاعات صناعية. وقد أصبح لهذه الإشعاعات (النوية والذرية) تطبيقات واسعة في مجالات عديدة منها الصناعي مثل صناعة الأسلحة وحفظ الأغذية، ومنها الطبي بفرعيه التشخيصي والعلاجي ومنها الزراعي حيث تحسين المحاصيل الزراعية. وجميع هذه التطبيقات تعتمد على تفاعلات الأشعة المؤينة التي تحدث في المادة. والكائن الحي معرض للمجال الإشعاعي المؤين عن طريق المصادر الإشعاعية خصوصاً الطبيعي منها وبالتالي سيتعرض لجرعات إشعاعية دون الشعور بذلك ولذا وجب معرفة كمية الإشعاع المؤين وذلك عن طريق قياس وتحديد هذه الجرعات باستخدام الأجهزة والكواشف الإشعاعية الخاصة بذلك. وعلى الرغم من انتشار استخدام الأشعة المؤينة إلا أن لها أضراراً

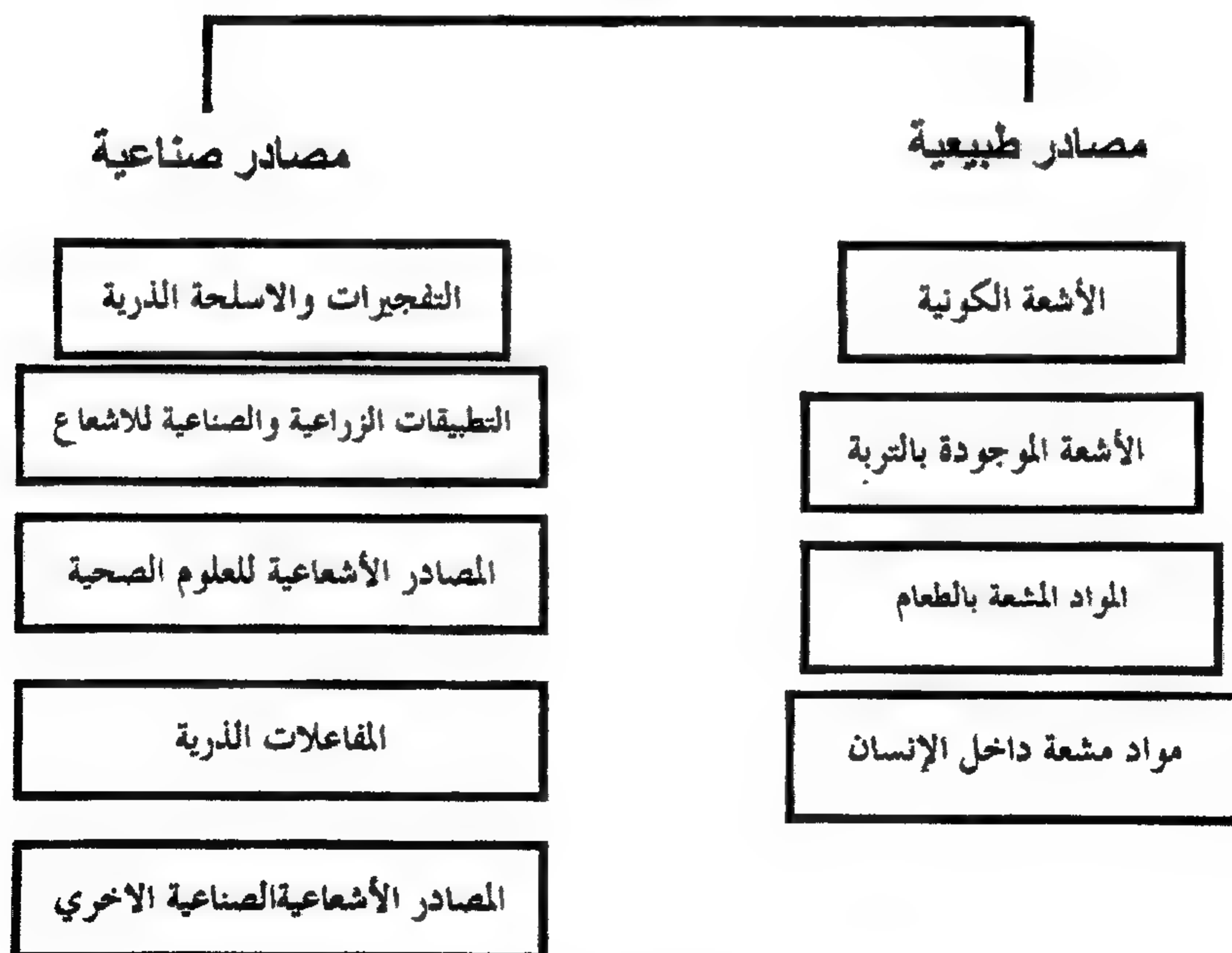


بالغة في الخطورة منها الداخلي ومنها الخارجي وقد يتطور الضرر الإشعاعي ويؤدي إلى استثارة الخلايا السليمة وتحولها إلى خلايا سرطانية او ربما أدى إلى موتها وتلفها.

#### 5-6. مصادر التلوث بالمواد المشعة

تشمل مصادر التلوث الإشعاعي مصادر طبيعية وأخرى ناتج عن أنشطة الإنسان، وتضم الإشعاعات الطبيعية الأشعة الكونية وأشعة اكس الأرضية وأشعة جاما المنبعثة من الصخور والبوتاسيوم المشع. أما المصادر الناتجة عن أنشطة الإنسان فتشمل أشعة اكس والأدوية المشعة المستخدمة في المجالات الطبية والمواد المشعة المستعملة في العلوم البيولوجية، بالإضافة إلى الأشعة الصادرة من المفاعلات النووية والأسلحة النووية والأجهزة الإلكترونية.

#### مصادر التلوث الإشعاعي



شكل 2-6 مصادر التلوث الإشعاعي

(أولاً) المصادر الطبيعية للتلوث الإشعاعي:

تشمل المصادر الطبيعية ما يلي:

1- الأشعة الكونية

2- الإشعاعات الناتجة من التربة

3- المواد المشعة الموجودة في الطعام وداخل جسم الإنسان.

1- الأشعة الكونية:

وهي الأشعة التي تقذف إلينا من الفضاء الخارجي ومصدرها المجرات والشمس، وتقسم إلى ثلاثة أنواع:

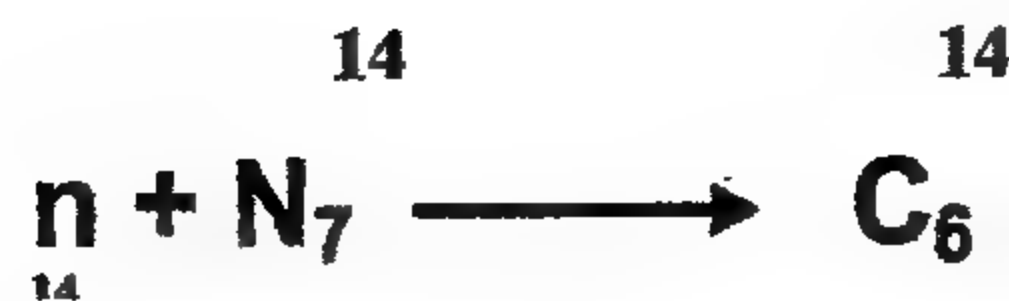
- الأشعة الكونية الأولية: وتتألف من 87 % بروتونات و 12 % جسيمات ألفا و 1 % نوى عناصر ثقيلة مثل الكربون والأكسجين والنيتروجين والكالسيوم والحديد، وتتواجد على ارتفاع 50 كم فأكثر وتقل كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض.

- الأشعة الكونية الثانوية: وهي نتاج تفاعل الأشعة الكونية الأولية مع الغلاف الجوي للأرض، وتتألف من فوتونات وإلكترونات و بروتونات ونيوترونات، وتزداد كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض، فهي تتواجد على ارتفاع 20 كم فأقل. وفيما بين هذين الارتفاعين نجد خليطاً من نوعي الأشعة.

- الأشعة الشمسية: وهي عبارة عن بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب انبعاث توهجات نيرة تظهر على هيئة لسان كبير من سطحها، جزء من هذه الأشعة تكون طاقته كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض يمكن كشفها.

وتجد الإشارة إلى أن الغلاف الجوي يعتبر حاجزاً واقياً من الأشعة الكونية، ويتكون في الغلاف الجوي بعض المواد المشعة نتيجة تفاعل مواد أخرى مع

مكوناتها، حيث يتكون الكربون 14 المشع مثلاً نتيجة تفاعل الأشعة الكونية مع النيتروجين 14 كما توضح المعادلة الآتية:



وينتشر الكربون 14 المتكون في الغلاف الجوي حتي يصل الي سطح الأرض فيدخل في تركيب جميع الكائنات الحية. وتعرف نتائج هذه التفاعلات التي تؤدي الي تكون مثل هذه النظائر المشعة بالأشعة الكونية الثانوية.

وتعتمد الجرعة الإشعاعية المتلقاة من الأشعة الكونية الأولية علي عدة عوامل أهمها:

أ- الارتفاع والانخفاض عن مستوي سطح البحر، ختلف كمية الإشعاعات الكونية باختلاف ارتفاع المكان عن سطح البحر وباختلاف الموقع الجغرافي، حيث يقل مقدارها في الأماكن القريبة من سطح البحر، وتزداد كلما ارتفعنا عنه، فنجد كلما ارتفعنا عنه بمقدار عشرة آلاف قدم كلما تضاعف مقدار الأشعة الكونية ثلاث مرات.

ب- الموقع الجغرافي والمقصود منه القرب والبعد عن خط الاستواء فتزداد الجرعة الإشعاعية كلما ابتعدنا عن خط الاستواء

#### الإشعاعات الناتجة من التربة:

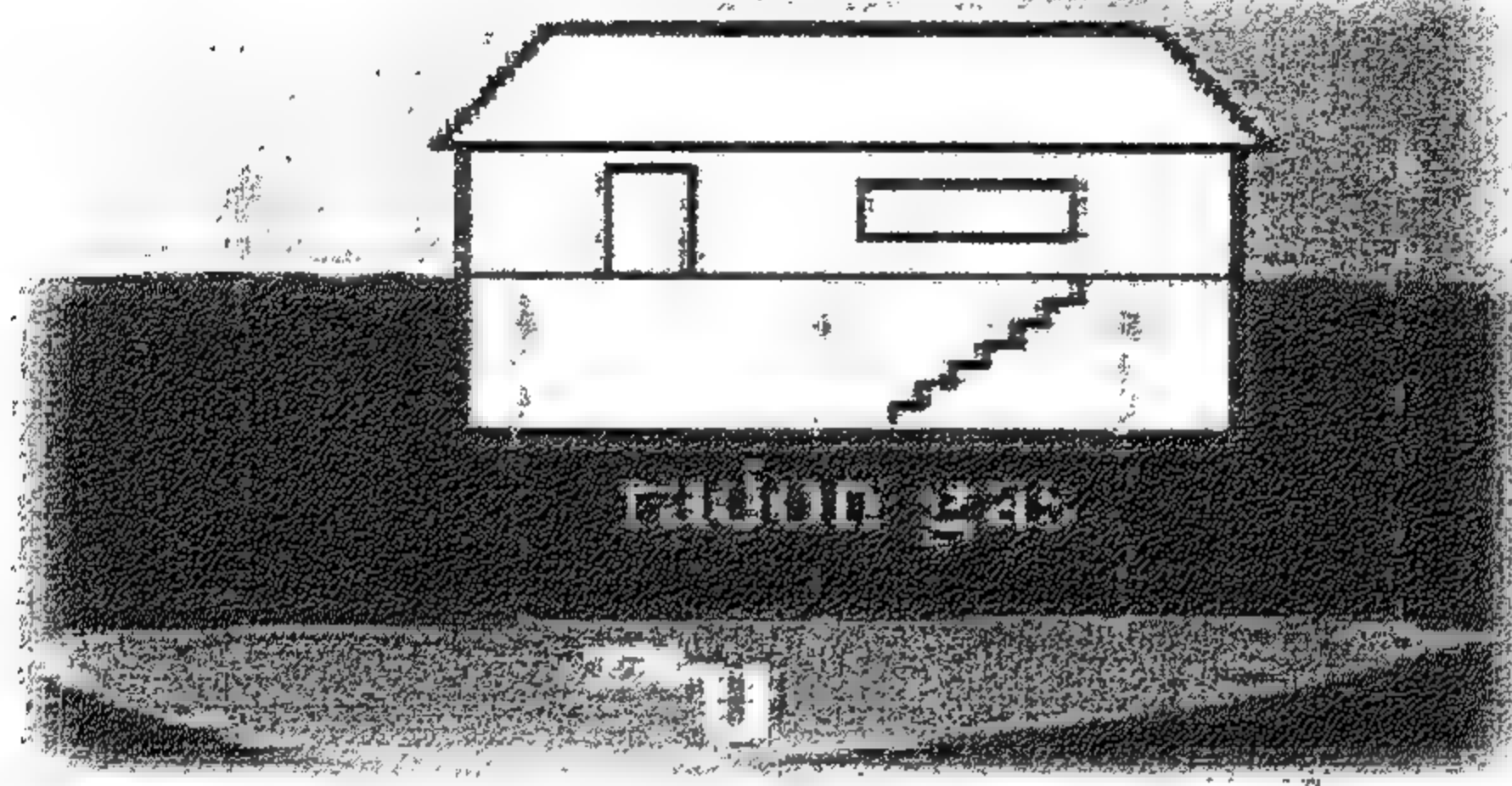
تحتوي القشرة الخارجية للكرة الأرضية على كميات ضئيلة من عناصر مشعة، مثل اليورانيوم والثوريوم، ويختلف تركيز العناصر المشعة بالتربة باختلاف نوعها، فنجد أن تركيزها يزداد بالصخور الجرانيتية ويقل في التربة الرملية.

وتحتوي القشرة الأرضية علي سلاسل اشعاعية طبيعية، الاولى تبدأ باليورانيوم -238 والثانية تبدأ باليورانيوم -235 والثالثة تبدأ بالثوريوم -232. وفي كل سلسلة تضمحل النواة الاولى متحولة الي نواة عنصر آخر باطلاق

اشعاعات جسيمية (مثل الفا او بيتا اوبوزيترونات)، ومن ثم تضمحل النواة الثانية الى نواة ثالثة بنفس الطريقة وهكذا.

كما ان التربة تحتوي على نظائر مشعة لا تنتمي لهذه السلاسل مثل البوتاسيوم -40 والريبيديوم -87 والكالسيوم -40 المشع وغيرها. وجميع هذه النظائر تطلق اشعاعات وبشكل طبيعي يعرض لها الكائنات الحية علي سطح الأرض وفي داخلها كما هو الحال في المناجم.

وتتكون الإشعاعات الصادرة من التربة أساسا من إشعاعات جاما، حيث تمتص ألفا وبيتا داخل القشرة الخارجية للتربة.



صورة تبين تحلل اليورانيوم وانطلاق بنات الرادون من التربة

### 3- المواد المشعة الموجودة في الطعام وداخل جسم الإنسان:

توجد بعض العناصر المشعة الطبيعية مثل الكربون 14 والبوتاسيوم 40 في طعام الإنسان وداخل جسمه. ويوجد بجسم الإنسان أيضا الراديوم 226 والبولونيوم 210 والاسترونشيوم 90. وتختلف كمية الأشعاع من عضو لآخر بجسم الإنسان، فمثلا تزداد كمية الإشعاعات الطبيعية في الرئة عنها في نخاع العظام، وتجدر الإشارة إلى أن رئات المدخنين تحتوي على قدر أكبر من المواد المشعة وذلك بالمقارنة برئات غير المدخنين، ويعتبر ارتفاع نسبة المواد المشعة في رئة المدخن من أهم أسباب الإصابة بسرطان الرئة.



## (ثانيا) الإشعاعات المستخدمة او الاصطناعية:

تستخدم الاشعة صناعيا في المجالات الآتية:

- الإشعاعات المستخدمة في مجال العلوم الصحية والطبية
- التطبيقات الزراعية والصناعية للإشعاع
- الاستخدام داخل المفاعلات النووية
- انتاج الأسلحة النووية
- مصادر أخرى

### 1- الإشعاعات المستخدمة في مجال العلوم الصحية والطبية:

تستخدم الاشعة السينية أو النووية في مجال تشخيص الأمراض وعلاجها، كما تستخدم الأدوية التي تحتوي على عناصر ضئيلة في علاج بعض الأمراض مثل التسمم الدرقي الذي يستخدم اليود المشع في علاجه.

وتشير الدراسات إلى أن استعمال الأدوية المشعة يتزايد عاما بعد عام، ولذلك فإن هذه الأدوية تعتبر مصدرا هاما من مصادر تعرض الإنسان للإشعاع.

كما تستخدم الإشعاعات والنظائر المشعة في علاج بعض الأمراض السرطانية أو وقف نموها. وتستخدم الإشعاعات استخداما واسعا لتعقيم الأدوات والمعدات الطبية التي يصعب تعقيمها بالبخار أو الحرارة أو التي يمكن أن تتأثر بالمواد الكيميائية المعقمة. وتستخدم لهذا الغرض اشعة جاما الصادرة من كوبلت 60 والتي لها قدرة و طاقة هائلة على قتل الخلايا الميكروبية المسببة للاورام من بكتريا وفيروسات وطفيليات ضارة تلوث المنتجات والأدوات الطبية. ولهذه العملية عدة مزايا أهمها:

1. قلة التكلفة بالمقارنة بالطرق الأخرى مثل البخار أو الحرارة.
2. إمكانية التعقيم للأدوات والمعدات بعد تغليفها مما يزيد من مدة الحفظ بعد التعقيم.

3. لا تؤدي هذه الطريقة لرفع درجة حرارة المعدة أو الاداة مما يمكن من تعقيم المواد والادوات الحساسة للحرارة مثل البلاستيك والمواد العضوية.
4. إمكانية إجراء هذه الطريقة بطرق آلية بسيطة حيث يعتبر زمن التعرض هو العامل الوحيد في العملية.

## 2- التطبيقات الزراعية والصناعية للإشعاع:

تستخدم الأشعاعات والنظائر المشعة الآن في مجالات الزراعة والصناعة لأغراض عديدة منها على سبيل المثال:

- 1- استخدام عملية التحليل التنشيطي بالنيترونات للتحقق من كفاءة التكرير الأولى في صناعة البترول.
- 2- استخدام الإشعاع في عملية اكتشاف آبار البترول والمناجم والثروات المعدنية الأخرى مثل الحديد، النحاس، النيكل، الرصاص، الفحم، الزنك.
- 3- الاستخدام الإشعاعي في تحضير واستتباط أغشية صناعية من البوليمرات المختلفة وذلك لإمكانية استخدامها في بعض التطبيقات الصناعية المتقدمة، ونذكر منها المبادلات الأيونية التي تستخدم كقواصل وعوازل للبطاريات، كذلك تصنيع انصاف الموصلات الكهربائية في مجال صناعة الأجهزة الإلكترونية.
- 4- إنتاج مواد بوليمرية وألياف صناعية ومطاط لها صفات وظيفية معينة وذلك لإمكانية استخدامها في المجالات الصناعية المختلفة.
- 5- استتباط مستحلبات بوليمرية محبة للماء بغرض استخدامها كمواد لاصقة تخدم وتحمي البيئة.
- 6- تطوير مواد مطاطية جديدة باستخدام تكنولوجيا التثعيع تقدم فوائد بارزة للصناعات على مستوى العالم، وهي التكنولوجيا المسماة " تقسية إشعاعية للمطاط الطبيعي ".

- 7- استخدام الحزم الإلكترونية لبدء عملية التقسية (الفلكنة)، وهي عملية تحدث جزيئات مترابطة كيميائياً، مما يؤدي إلى إنتاج مطاط يتميز بالمرونة والقوة، وتتميز هذه الطريقة بعدم إنتاج مواد النيتروز أمين amine Nitrose المحدثة للسرطان مع عدم إنتاج أكاسيد للكبريت والزنك الملوثة للبيئة.
- 8- المعالجة الأشعاعية لأسطح المواد باستخدام معجلات الإلكترونات ذات الطاقة المنخفضة، حيث تستخدم حالياً المعالجة غير الحرارية بالحزم الإلكترونية ذات الطاقة المنخفضة في تكنولوجيا الأسطح دون استخدام مذيبيات مما يؤدي إلى حماية البيئة.
- 9- إنتاج كابلات مقاومة للحرارة بإحداث الترابط المتصالب "Cross Linking" لعزل الكابلات.
- 10- إحداث الترابط المتصالب على سطح الورق لإنتاج صفائح ذات ضغط عال Continuous pressure laminate في المسطحات الكلية.
- 11- المعالجة المسبقة لنشارة الخشب بالإلكترونات السريعة عالية الطاقة الأمر الذي يساعد على الاقتصاد الهائل للطاقة اللازمة لتكوين العجينة Pulping، ومن أهم مزايا هذه العملية إلى جانب كونها اقتصادية في التصنيع، أن الإقلال من استخدام الكيماويات يترجم إلى انبعاث أقل من الملوثات الكيميائية وهو عامل بالغ الأهمية بالنسبة للاتجاه نحو قواعد صارمة للحفاظ على البيئة.
- 12- تستخدم المصادر المشعة، وكذا مصادر أشعة جاما في قياس سمك الصفائح المعدنية وقياس منسوب الموانئ والخزانات وقياس كثافة المواد المنقولة عبر الأنابيب العملاقة والكشف عن تسرب السوائل من الأنابيب، وكذلك تستخدم النظائر المشعة في اقتفاء الأثر مثل مواقع التسرب من أنابيب النفط أو المياه.
- 13- إنتاج الهيدروجينات المدعمة على مواد بوليمرية، حيث أمكن استخدام الإشعاع في استنباط وتحضير هيدروجينات مناسبة ومدعمة، تحتوي على

مواد بوليمرية مختلفة ذات خواص ميكانيكية وكيميائية مناسبة، وذلك يمكن من استخدامها فى التكنولوجيا الحيوية وفى المجالات الطبية مثل:

\* صناعة الدواء وتوصيله تحت التحكم وتأثره بالوسط المحيط وهذا يخدم المرضى المحتاجين لعلاج طويل المدى مثل مرضى السكر.

\* تدعيم بعض أنواع الإنزيمات والخلايا الحية التى لها أهمية كبرى فى مجال التشخيص والعلاج.

\* صناعة الأجهزة التعويضية مثل الاوردة والشرابين وصمامات القلب.

\* الاستخدام فى مجال الغسيل الكلوى بالأغشية الصناعية الحيوية.

14- حفظ الأغذية بالإشعاع.

15- معالجة تلوث أعلاف الحيوانات والدواجن بالميكروبات المرضية والفطريات المفترزة للسموم الفطرية.

16- استحداث طفرات محصولية جديدة عالية الإنتاج ومقاومة للآفات باستخدام الإشعاع.

17- استخدام الإشعاع فى تنمية الثروة الحيوانية.

18- تعقيم الحشرات بالإشعاع للقضاء على الأنواع الضارة منها.

19- استحداث طفرات ميكروبية ذات قدرة عالية على إنتاج مركبات ذات أهمية اقتصادية مثل الفيتامينات والإنزيمات والمضادات الحيوية والأحماض العضوية والأحماض الأمينية الأساسية والكحوليات والسكريات العديدة Polysaccharides.

20- استخدام التقنيات النووية فى تنمية الثروة المائية. كذلك فى زراعة الصحراء وذلك عن طريق استخدام الإشعاع فى استنباط وتطوير سلالات من النباتات الملائمة للظروف الصحراوية من حيث مقاومتها للجفاف والملوحة ونوعية التربة.

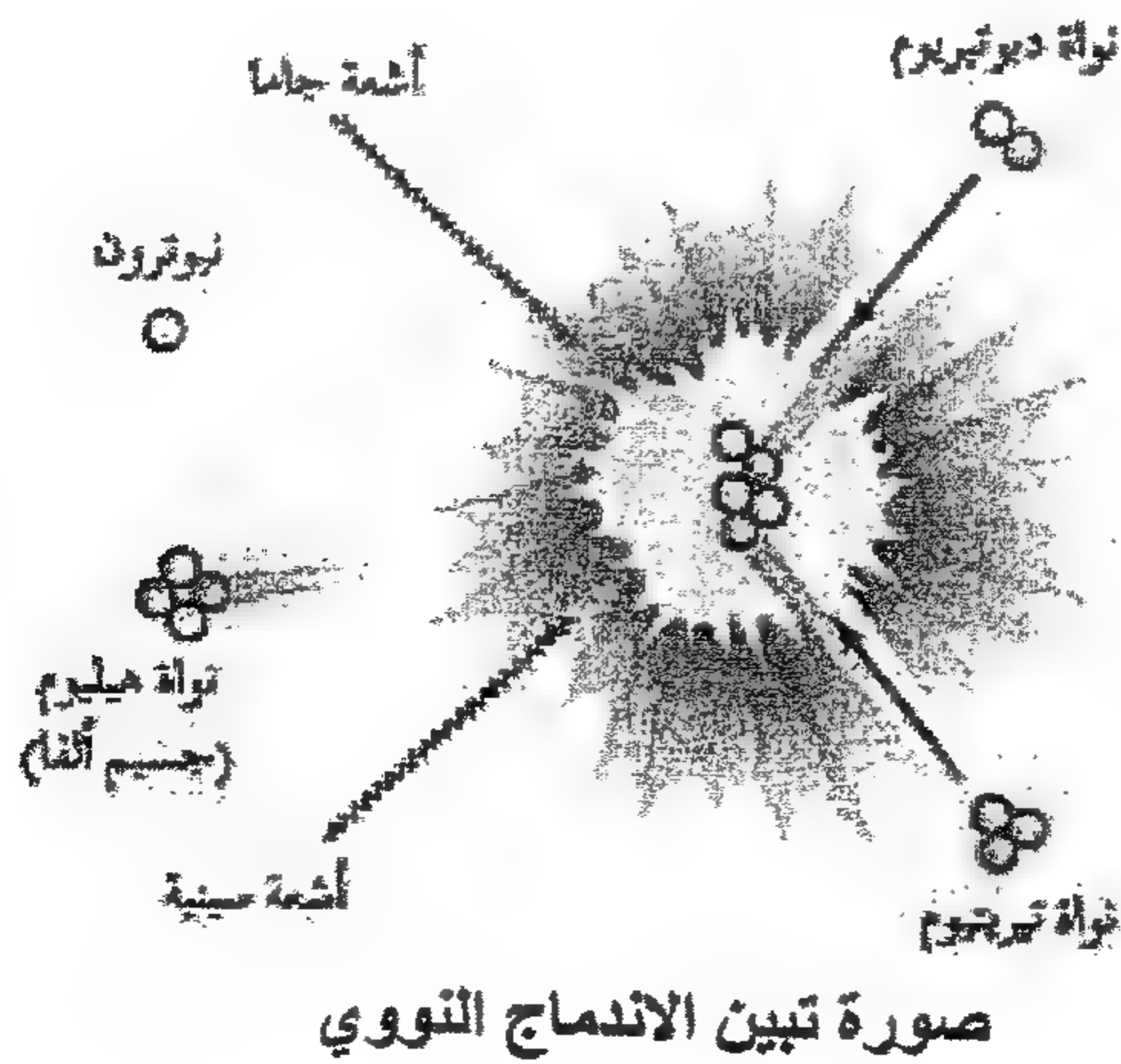


21- تحديد عناصر تغذية النبات حيث تستخدم النظائر المشعة في الدراسات التي تتعلق بتسميد النبات وتحديد كميات الأسمدة الضرورية له وهذا أفاد كثيرا في ترشيد استخدام الأسمدة الكيماوية.

### 3- الاستخدام داخل المفاعلات النووية:

بعد اكتشاف الانشطار النووي، أقيم أول مفاعل نووي في عام 1942، ثم أعقبه مشروع مانهاتان بإنشاء أول أسلحة ذرية، وذلك في نهاية الحرب العالمية الثانية. ولقد استخدمت المفاعلات النووية، وما زالت تستخدم، لتوليد الطاقة، وينجم عن استعمال هذه المفاعلات تلوث البيئة بالإشعاع، وبخاصة البيئة المحيطة بالمفاعلات، وقد ترتفع نسبة التلوث البيئي ارتفاعا كبيرا بسبب حوادث انفجار المفاعلات النووية، مثل حادث انفجار تشيرنوبل النووي.

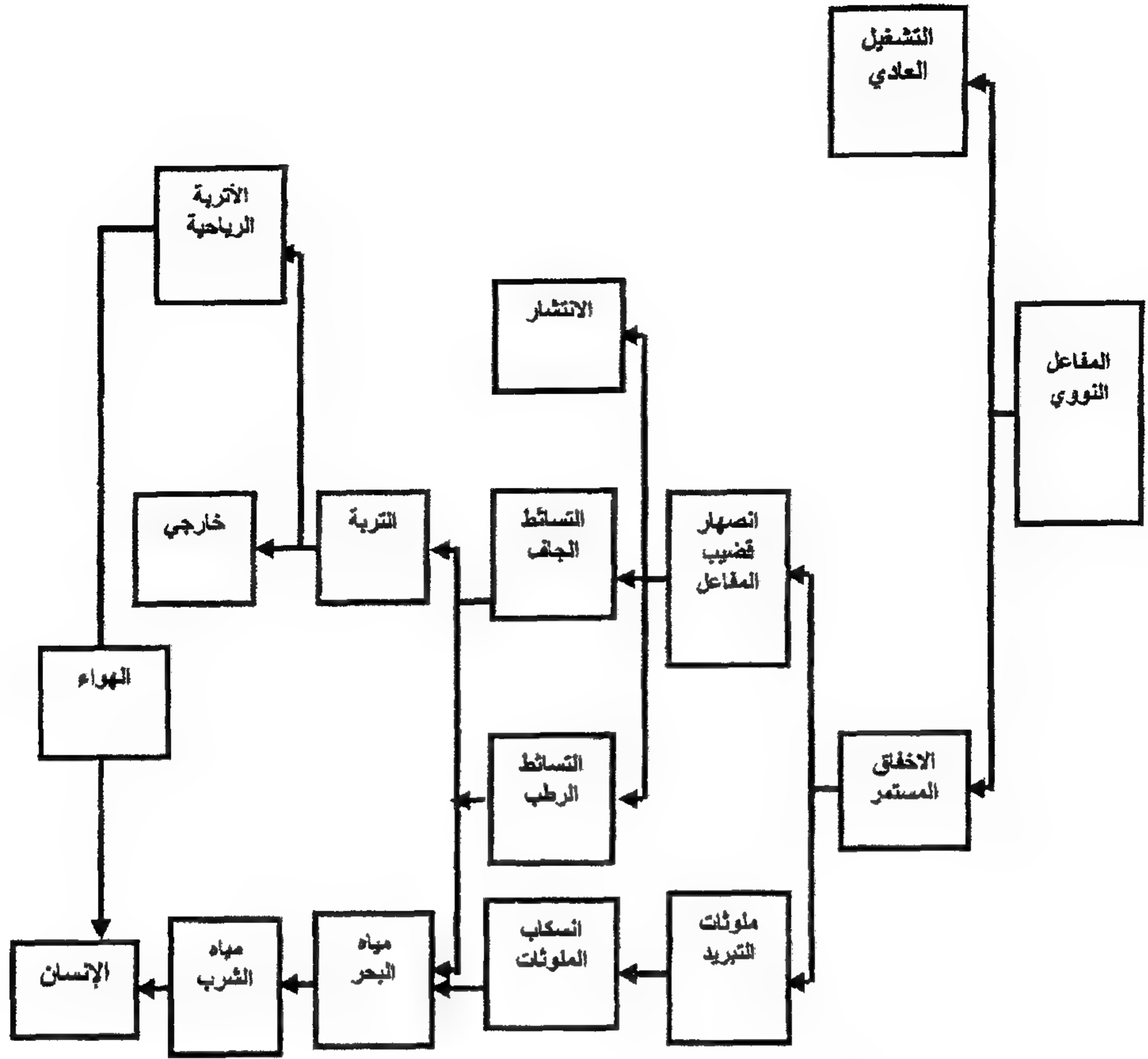
تنقسم المواد المتسربة من المفاعلات النووية بسبب الحوادث إلى مواد طيارة وأخرى غير طيارة، وتمثل المواد الطيارة المشعة، مثل اليود والترتيوم والأجزاء المتناثرة من عنصر البلوتونيوم، خطورة على الإنسان، حيث يستنشق المواد المشعة مع هواء البيئة الملوث.



لقد نجح العلماء في ترويض الانشطار النووي لإنتاج الطاقة الحرارية مستخدمين في ذلك ما نسميه بالمفاعل النووي. وتبني المفاعلات النووية الإنشطارية بأشكال كثيرة متعددة، تختلف باختلاف الغرض الذي من أجله بنيت.

منها علي سبيل المثال لا الحصر.. مفاعلات للأبحاث واستغلال النشاط النيوتروني في دراسة الأنوية وتفاعلاتها.. وأخرى تبني لاستغلال الطاقة الحرارية لتوليد الكهرباء.. ومنها ما يبني لتوليد النظائر. لذلك لابد من معرفة الهدف أو الغاية من بناء المفاعل وعلي وجه العموم، في جميع الأحوال والأغراض، يتكون المفاعل من مجموعة من المواد صنعت ثم رتبت وجمعت بنظام معين يسمح بإحداث تفاعل نووي انشطاري متسلسل ومستمر مع إمكانية التحكم فيه بدقة بالإضافة إلي إمكانية الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة والإشعاعات المنبعثة كل حسب الغرض الذي بني المفاعل من أجله.

ويبين الشكل التالي حجم التعرض المحتمل لانبعاثات المفاعلات النووية للوسط المحيط أو القريب ممثلاً بالعمود الهوائي والتربة والمياه أو البيئة البحرية.



شكل 3-6 يبين حجم التعرض المحتمل لانبعاثات المفاعلات النووية للوسط المحيط أو القريب ممثلاً بالعمود الهوائي والتربة والمياه أو البيئة البحرية

## 1- إنتاج الأسلحة النووية:

فجر أول سلاح من الأسلحة النووية عام 1945 م في هيروشيما ونجازاكي في اليابان، ثم توالى تجارب الأسلحة النووية بعد ذلك على نطاق واسع حتى عام 1963، حيث أجريت عدة تجارب نووية في الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي والمملكة المتحدة.

ولقد اتفقت القوى الثلاث في عام 1963 على منع إجراء التجارب النووية فوق سطح الأرض، إلا أن هذه التجارب لم تتوقف على المستوى العالمي حيث أجريت في فرنسا والصين تجارب محدودة بعد هذه الفترة.

ولقد استمرت التجارب النووية بعد الاتفاقية التي عقدت بين الدول الكبرى الثلاث، وذلك بأجرائها تحت الأرض بهدف حماية البيئة من التلوث، وبالرغم من هذه الاحتياطات، إلا أن التجارب التي أجريت تحت الأرض اضافت قليلا من الغبار الذري المحمل بالمواد المشعة للبيئة.

من النظائر التي مثلت خطورة على الإنسان على اثر الانفجارات النووية استونشيوم 89 واسترونشيوم 90 وزوركونيوم 95 وروثينيوم 106 وروثينيوم 193 وسيزيوم 134 وسيزيوم 141 وسيزيوم 144.

#### 5- المصادر أخرى للإشعاع:

بالاضافة إلى المصادر السابقة، التي تشكل الجزء الأكبر من تلوث البيئة بالإشعاع، هناك مصادر أخرى مثل التلفزيون والكمبيوتر والاجهزة الالكترونية، كما تشمل المصادر الأخرى ماكينات الاشعة السينية المستخدمة في الصناعة الطائرات ورحلات الفضاء، بالاضافة إلى استعمال النظائر المشعة كمصدر لقوة ناظمة إيقاع القلب.

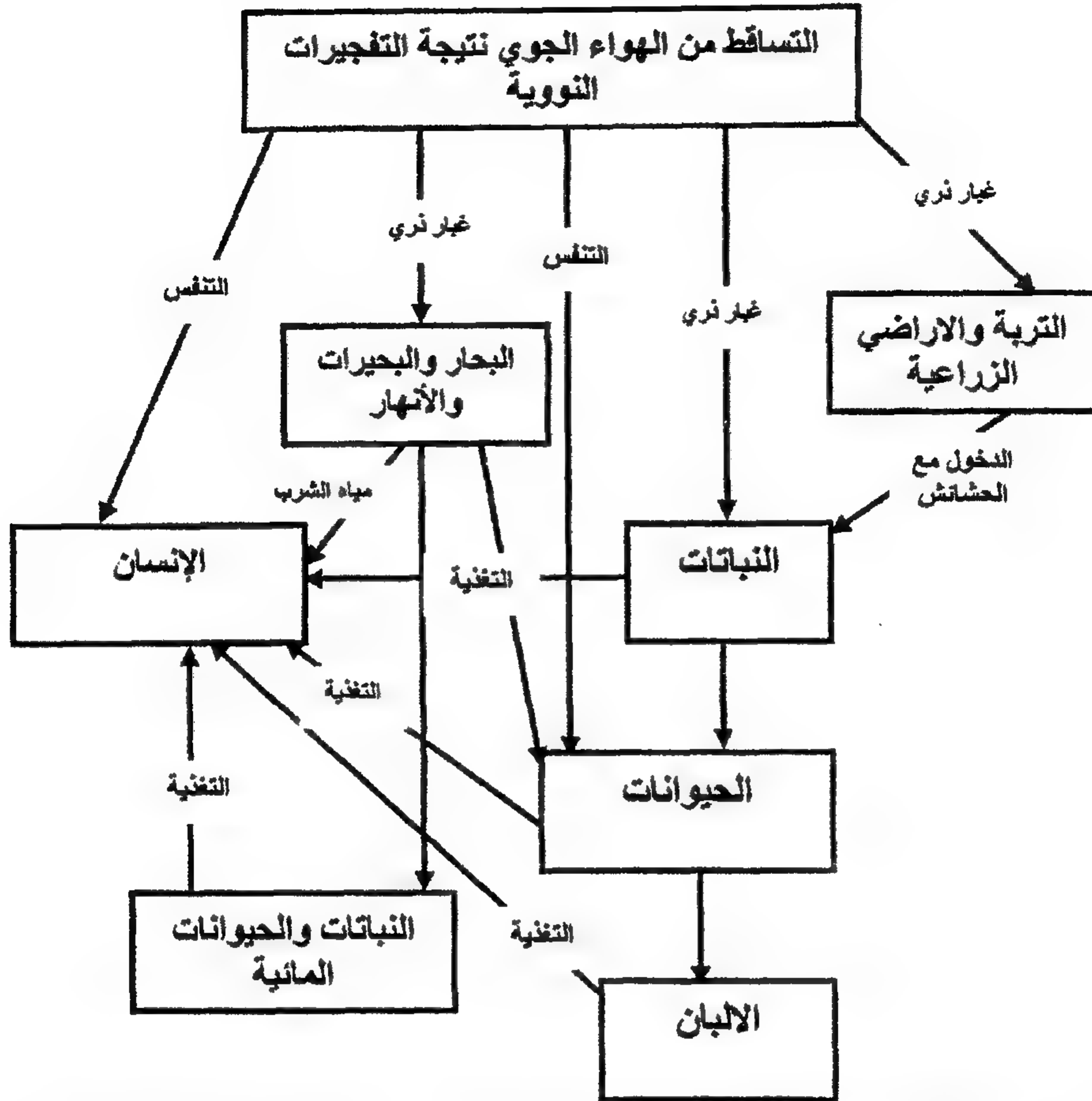
ويبين الشكل التالي كيفية انتقال المواد ذات النشاط الإشعاعي في البيئة ووصولها الي الإنسان، وتتلخص هذه الطرق في الآتي:

- تساقط المواد ذات النشاط الإشعاعي من الهواء الجوي نتيجة التفجيرات النووية في صورة غبار ذري متساقط، وهذا التساقط يصل الي الإنسان بصورة مباشرة عن طريق تنفس هذه الغبار الذري. او بصورة غير مباشرة عن طريق الغذاء من النباتات والحيوانات ومصادر مياه الشرب والكائنات البحرية كالاسماك.

- تساقط المواد ذات النشاط الإشعاعي علي المسطحات المائية من البحار والمحيطات والأنهار ومنها الي النباتات والحيوانات المائية ومنها الي الإنسان عبر السلسلة الغذائية.



- تساقط المواد ذات النشاط الإشعاعي علي الاراضي الزراعية ومنها الي النباتات ثم الي الحيوانات البرية من خلال الحشائش.



شكل 3-6 مخطط يبين كيفية انتقال المواد ذات النشاط الإشعاعي في البيئة ووصولها الي الإنسان

## 6-6. الآثار الحيوية للإشعاعات المؤينة

عند دخول المواد المشعة داخل الجسم عن أي طريق يتم امتصاصها ودخولها في العمليات البيوكيميائية الأساسية ووصول هذه النويدات إلى الدورة الدموية وسوائل الجسم ويتم توزيعها إلى جميع أنسجة الجسم طبقاً للصفات والخصائص الكيميائية للعناصر والمركبات التي تكون هذه المواد المشعة. وتتحكم في الآثار الناجمة عن التعرض الإشعاعي الداخلي عوامل كثيرة من أهمها:

- بطئ تطور وظهور الأثر.
- عدم تجانس امتصاص الجرعة الإشعاعية في الأنسجة.
- الفترة الزمنية اللازمة للتحلل الإشعاعي للمادة المشعة لتعطي جرعة مترakمة علي مدى الوقت.
- وكذلك درجة السمية الكيميائية للمادة المشعة ذاتها.

و من أهم العوامل المتحكمة في أثار التعرض الإشعاعي ما يلي:

- أ- الخواص الفيزيائية للمادة المشعة وتتضمن عمر النصف، نوع و طاقة الأشعة المنبعثة، الانتقال الخطي للطاقة، الطاقة الممتصة من النسيج الحاوي للمصدر إلى النسيج المستقبل للأشعة.
- ب- العوامل البيولوجية للمادة المشعة وانتقال المادة داخل الجسم من عضو إلى آخر، إلى جانب استبقاء المادة المشعة في نسيج معين، والفترة الزمنية لتواجد المادة المشعة داخل الجسم ثم طرق خروج المادة المشعة من الجسم وكذلك عمر النصف البيولوجي إلى جانب عوامل أخرى مثل السن والجنس والأمراض المختلفة.

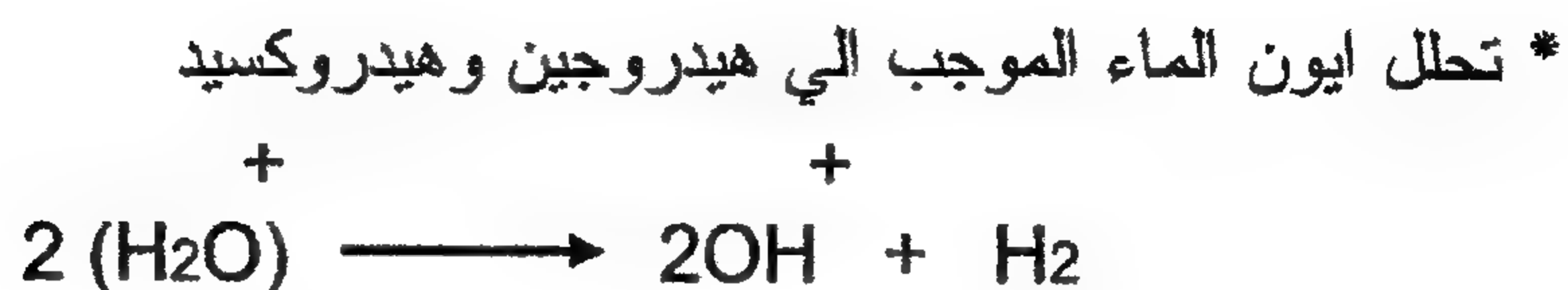
ويتوقف انتقال المادة المشعة على الدورة الدموية وسوائل الجسم وكذلك الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي والتي تحدد آليات وميكانيكية انتقال المادة المشعة من نسيج إلى آخر.

- ومن الأثار الصحية للتعرض الإشعاعي هي التحول السرطاني لبعض الأنسجة التي تتواجد فيها المواد المشعة لفترات طويلة نسبيا ويمر التأثير الإشعاعي بثلاث مراحل اساسية هي:

#### 1- المرحلة الفيزيوكيميائية:

وهذه المرحلة في تطور الإصابة الإشعاعية تخص امتصاص الطاقة الإشعاعية داخل روابط الجزيئات الكيميائية في الخلايا وينتج عن ذلك حدوث توتر

أو تأين لهذه الروابط الفيزيوكيميائية في الجزئيات الموجودة في الحيز البيولوجي الذي تعرض والذي حدثت فيه عمليات امتصاص للطاقة. وينتج عن ذلك حدوث تغيرات في أداء وظيفة الجزئيات الكيميائية التي حدث توتر وتأين لروابطها وتسمى تغيرات في الجزئيات. حيث تتفاعل الايونات الموجبة والالكترونات السالبة مع جزيئات الماء الاخرى فينتج عن هذه التفاعلات عدة مركبات جديدة مثال ذلك:



\* اتحاد الالكترون مع جزيء ماء مكونا ايون ماء سالب



\* تحلل ايون الماء السالب مكونا هيدروجين وايون هيدروكسيد سالب



\* اتحاد الهيدروكسيد مكونا فوق أكسيد الهيدروجين

وتعتبر هذه المرحلة الأساس الذي سوف يترتب عليه تطور وظهور ونوعية الإصابة الناتجة من التعرض الإشعاعي. وهذه المرحلة مهمة فيما يخص حدوث عمليات إصلاح في الجزئيات الكيميائية التي تأثرت بالتعرض الإشعاعي وامتصاص الطاقة الإشعاعية وكذلك تطور الإصابة الإشعاعية ومداها والذي يحدد مقدار وحجم الأثر المتبقي بعد الإصلاح الذي يتم في الجزئيات.

## 2. المرحلة الكيميائية:

تتميز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل بنشاطهما الكيميائي الشديد كما ان فوق أكسيد ايدروجين عامل مؤكسد قوي، لهذا تتفاعل هذه الايونات مع المركبات

العضوية الاخرى الموجودة في الخلية مثل الكروموسومات وتؤدي الي اطلاق المكونات العضوية بالخلية.

تؤثر الإثارة والتأين على الأنسجة الحية أيضاً. فخلايا الجسم تحتوي على جزيئات تترايط الكثير منها معا بالكثرونات. وقد تتفكك هذه الروابط الكيميائية، ويتغير شكل الجزيء، عندما يثير الإشعاع جزيئات الخلايا او يؤينها، ويؤدي مثل هذا التغيير إلى تعطيل العمليات الكيميائية العادية للخلايا، وتصبح الخلايا شاذة، او تموت.

### 3. المرحلة البيولوجية:

وفيها تظهر اثار التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية ومنها موت الخلية نفسها او منع او ايقاف انقسامها او زيادة معدل انقسامها او حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا عند انقسام الخلية (عندما يؤثر الإشعاع على جزيئات د ن أ DNA، أي المادة الوراثية في الخلايا الحية، تسبب أحيانا تغييرا دائما يسمى الطفرة. وفي بعض الحالات النادرة قد تنتقل الطفرات الناتجة عن الإشعاع خصائص غير مرغوبة إلى الجيل الجديد. وحتى الفوتونات المنخفضة الطاقة، وخاصة الأشعة فوق البنفسجية من الشمس، قد تسبب تدميرا عن طريق الإثارة. وإذا كان تدمير المادة الوراثية للكائن الحي كبيرا، تصبح الخلية سرطانية، او تموت أثناء محاولتها الانقسام. ويتوقف التأثير الناتج على القدرة التأينية للإشعاع والجرعة المأخوذة ونوع النسيج المتأثر).

وتجدر الإشارة ان اعضاء الجسم تختلف فيما بينها من حيث الحساسية للإشعاع فنجد ان اكثر الاعضاء حساسية للإشعاع هي الأنسجة المكونة للدم والجهاز الهضمي والجلد والغدد التناسلية.



## الجرعة الإشعاعية والإنسان:

- ❖ يتعرض الإنسان إلى جرعة إشعاعية تساوي 2.4 ميللي سيفرت في السنة من مصادر طبيعية.
- ❖ الجرعة الفعالة المؤثرة لو تناول الإنسان مياه الشرب لمدة عام هي 0.1 ميللي سيفرت وهي تعادل 5 % فقط من الجرعة الفعالة المؤثرة من المصادر المشعة الطبيعية. وبالتالي يجب أن تقل هذه النسبة في مياه الشرب ليكون صالحا للاستهلاك الآدمي.
- ❖ لتقدير درجات تركيز المستوى الإشعاعي في البيئة تستخدم وحدة قياس غير السيفرت التي تستخدم في تقدير الجرعة الفعالة المؤثرة في صحة الإنسان وتسمى وحدة القياس الكمي هذه بالبيكاريل. وهناك علاقة حسابية (معامل حسابي) بين درجة تركيز المستوى الإشعاعي (بيكاريل) ووحدة قياس الجرعة الفعالة المؤثرة ( سيفرت ) من خلال المعادله الحسابيه الآتية والتي تأخذ بعين الاعتبار أن الإنسان يشرب لترين من المياه يوميا أي 730 لترا في العام.

الجرعة الفعالة المؤثرة (سيفرت / السنه)

درجة التركيز الإشعاعي (بيكاريل) =

730 لتر معياه × معامل التحويل (سيفرت/ بيكاريل)

$1 \times 10^{-4}$  سيفرت / سنه

=

730 لتر سنه × معامل التحويل (سيفرت / بيكاريل)

$1.4 \times 10^{-7}$  (سيفرت / اللتر)

=

بيكاريل / اللتر

معامل التحويل (سيفرت / بيكاريل)

المعايير الخاصة للمواد المشعة فى مياه الشرب:

فصيله مشعات ألفا 0.1 بيكاريل / اللتر.

فصيله مشعات بيتا 1 بيكاريل / اللتر.

أهم المصادر لمشعات ألفا:

بولونيوم 210، راديوم 224، راديوم 226، ثوريوم 232، بورانيوم 234،  
بورانيوم 238، بلاتينيوم 239 (وأهمهم راديوم 226).

أهم المصادر لمشعات بيتا:

كوبالت 60، سترنيوم 89، سترنيوم 90، يود 129، يود 131، سيزيوم  
134، سيزيوم 137، رصاص 210، راديوم 228 (وأهمهم سترنيوم 90). جميع  
هذه المواد المشعه (ألفا، بيتا) هى مصدر لنويدات مشعه شديدة السمية.

## 6-7. دور الإشعاع فى مجال البيئة<sup>[\*]</sup>:

تلعب المعالجات والتطبيقات الأشعاعية دوراً بالغ الأهمية فى جميع المجالات  
المرتبطة بالبيئة، وتساهم بدور فعال ومؤثر فى الحفاظ على البيئة نظيفة، فجميع  
التطبيقات التى ذكرت آنفاً تتدرج تحت ما يعرف بالتكنولوجيا النظيفة التى لا ينتج  
عنها مخاطر للإنسان وبيئته خلاف ما يحدث فى الوسائل التقليدية التى تلوث البيئة.  
ويتضح دور الإشعاع الإيجابى فى مجال البيئة من خلال ما يلى:

- 1- المعالجة الأشعاعية لتنقية الغازات المنبعثة من المحطات الحرارية لتوليد  
الكهرباء. حيث تستخدم هذه التقنية النظيفة فى إزالة ثانى أكسيد الكبريت  $SO_2$ ،  
وأكاسيد النيتروجين NO الضارة من الغازات المنبعثة.
- 2- معالجة النفايات الدولية فى المطارات والموانى لمنع انتقال كوارث العدوى  
بالفيروسات والميكروبات الوبائية.

---

<sup>[\*]</sup> دور الإشعاع فى التنمية و البيئة الأستاذ الدكتور/ على أحمد إبراهيم حماد مجلة اميوط للدراسات البيئية

- 3- الأستخدام الإشعاعى لإزالة الكبريت من الغاز الطبيعى قبل نقله عبر خطوط الأنابيب لأن سلفات الكبريت الموجودة فى الغاز الطبيعى تسبب تآكل خطوط الأنابيب وتسرب الغاز.
- 4- تنقية الغازات الناتجة من حرق سيل النفايات حيث يحتوى الغاز المتولد من حرق النفايات على غازات حمضية مثل ثانى أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وغاز كلوريد الهيدروجين الضارة، ويمكن معالجة هذه المركبات بواسطة الحزم الإلكترونية ومعادلتها بإضافة الجير.
- 5- التخلص من المركبات العضوية المتطايرة الملوثة للهواء حيث تستخدم هذه التكنولوجيا فى تنظيف هواء أنفاق السيارات من الغازات والمركبات العضوية المتطايرة الضارة، والتي تؤثر فى المناطق السكنية القريبة.
- 6- تطهير وتعقيم نفايات المستشفيات، وهى عبارة عن نفايات طبية حيوية شديدة التلوث تمثل تهديداً خطيراً للبيئة، وتسبب مخاطر جسيمة.
- 7- فى معالجة مياه الصرف الصحى: يمثل التخلص من مياه الصرف الصحى مشكلة بيئية بالغة الخطورة بسبب كمياته الهائلة، والتي تصل فى المدن الكبرى إلى بلايين الأطنان وتلوثه بما تحتويه من ميكروبات ممرضة وطفيليات ضارة بصحة الإنسان فضلاً عن بعض المواد الضارة الأخرى مثل المعادن الثقيلة، وقد جرت العادة على التخلص من هذه المياه (سوائل ومواد صلبة) عن طريق غمر بعض الأراضى بها فى مواقع معينة او عن طريق إلقائها فى المحيطات او البحار او الأنهار او الترعى، وبينما كانت هذه الوسائل مقبولة فى الماضى، إلا أنها تعتبر حالياً ممارسات ذات مضار بالغة وبالأخص بالنسبة لانعكاساتها السلبية على البيئة. وتستخدم تكنولوجيا التشعيع فى الوقت الحالى لحل هذه المشكلة بالغة الخطورة. حيث يتم فصل السوائل عن المواد الصلبة ثم تشعيع كل من المياه والفضلات الصلبة كل على حدة للقضاء على الميكروبات المرضية والطفيليات الضارة. وبالتالي يمكن إعادة استخدام السوائل المعالجة

بالإشعاع فى عمليات الرى الزراعية، وفى الاستزراع السمكى، كما يمكن إعادة استخدام الحماة (المواد الصلبة المترسبة) كأسمدة ومنشطات للتربة.

8- استحداث طفرات ميكروبية ذات قدرة تخميره عالية لاستخدامها فى التخلص من الفضلات الزراعية التى تلوث البيئة وتحويلها إلى مركبات ذات أهمية اقتصادية. مثل التخلص من مخلفات الأرز وحطب القطن وغيرها، ومن خلال هذه الطفرات نستطيع أيضاً التخلص من المواد البترولية التى تلوث مياه البحار والمحيطات نتيجة لحوادث شاحنات البترول العملاقة التى لها اثر بالغ الخطورة على البيئة المائية.

#### 6-8. التحكم فى التلوث بالمواد المشعة

تتعدى عملية التنقية الذاتية أو الطبيعية لمياه الفضلات المشعة، حيث يمكن ان تمتص جذور النباتات والكائنات الحية النباتية هذه المياه وبالتالي تتراكم الملوثات الإشعاعية داخل هذه الكائنات الحية. ومن ثم اتجه العلماء الى التفكير فى طرق للتحكم فى التلوث الإشعاعي للماء وطرق لمعالجة الفضلات المشعة الناتجة عن الأنشطة الإشعاعية.

بعيدا عن كل مصادر التلوث الإشعاعي للماء فان المصادر الصناعية هي المعنية فقط بالتحكم. وغالبا ليس هناك الكثير من الحلول عندما تكون الملوثات الإشعاعية منطلقة باستمرار فى البيئة.

وهناك نوعين من الفضلات الإشعاعية المنطلقة الى البيئة المائية وهما:

1- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض.

2- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوى الإشعاعي المرتفع.

1- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض:

تطلق الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض السى

البيئة غالبا بكميات كبيرة، عادة بحيث يتعذر حصرها فى وعاء محدود السعة، لذلك



تتشر في البيئة بعد تخفيضها الى درجة عالية، بحيث لا تؤدي الى خلل ملحوظ في كميات الاشعاعات الطبيعية الكونية في الأرض، على المدى القريب.

ومن ثم فان الهدف الاساسي يركز علي ازالتها ومعالجتها وتخفيض نشاطها الاشعاعي الي مستويات امنة بحيث يمكن التخلص منها بصورة امنة بيئيا.

وتتصدر طرق معالجة الفضلات الاشعاعية في الاتي:

أ- الترسيب:

كل المستويات المنخفضة من الفضلات المشعة يمكن تحجز للمعالجة بالطرق العادية والتي تشمل الترويب والترسيب والادمصاص والترشيح والتبادل الايوني. ترسيب النويدات المشعة يتم بواسطة املاح الالمونيوم، أو املاح الحديد، حمض التانيك مع الجير، الفوسفات مع الجير. والحماة المشعة ترسل الي مدافن خاصة.

ب- التبادل الايوني:

التبادل الايوني يمكن ان يتبع الترسيب في حالة كمية الفضلات المشعة القليلة والمواد الصلبة الكلية اقل من 1000 مجم /لتر. وعندما يراد ان تنقية اكثر للماء.

ج- المبخرات:

التبخير المتواصل للمخلفات السائلة المشعة يتم داخل مبخرات معينة تصنع عادة من الاستاتلس ستيل. والماء المنكثف يتم التخلص منه وصرفه اما النويدات المشعة المركزة تظل داخل المبخر ويتم ارسالها الي مدافن خاصة.

د- التخفيف والصرف:

الفضلات التي لم تعامل بالطرق السابقة يمكن تخفيفها واطلاقها في البيئة لتنتشر وتزداد تخفيفا ومن ثم يقل خطرهما. وجزء من هذه الفضلات يعاد تدويره في البيئة.

## و- الشحن في الطبقات الجيولوجية:

عادة يتم تركيز هذه المياه ذات الفضلات المشعة المنخفضة والمتوسطة الاشعاع ثم توضع في عبوات خراسانية ثم تدفن علي اعماق بعيدة داخل الأرض في الطبقات الصخرية الملحية لان هذه الصخور عادة لا تحتوي علي مياه جوفية يخشي تلوثها بالمواد المشعة، ويراعي ان يكون موقع الدفن بعيدا عن التجمعات السكانية. والأماكن الأكثر ملائمة للدفن العميق هي المناجم المهجورة والبعيدة عن السكان والمياه الجوفية. وتعد طريقة الدفن مكلفة نسبيا.

## ه- الدفن داخل اسفلت الطرقات:

في هذه الطريقة الفضلات المشعة تدخل داخل مكونات الاسفلت أو المستحلبات الاسفلتية ويزال الماء. وتعد هذه الطريقة من انسب الطرق للتخلص من الحماة ذات النشاط الاشعاعي المنخفض والمتوسط.

## 2- الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوي الاشعاعي المرتفع:

وقد تكون سائلة أو صلبة. وينتج عن كل طن من الوقود النووي حوالي 100 غالون من الفضلات السائلة، المصدر الرئيسي للمخلفات الاشعاعية ذات النشاط الاشعاعي المرتفع هو الوقود النووي المستهلك المنتج داخل المفاعلات الذرية والنووية. العناصر الاشعاعية المستهلكة تخزن داخل مواقع المفاعلات لمدة تتراوح بين 3 الي 4 شهور لتتخفض النشاط الاشعاعي لها اذا كان عمر النصف لها قصير. بعد ذلك تنقل للمعالجة داخل اسطوانات سميكة من الرصاص.

ويتم تحويل بعض الفضلات الان الى الشكل الصلب، لكي تطمر في طبقات الأرض العميقة. ولكن الحرارة العالية الناتجة عن هذه الفضلات النشطة اشعاعيا، تتراكم جدران الأوعية والحاويات الحديدية، أو قد تتعرض المنطقة المخزن فيها الفضلات، لهزات أرضية تلتفها وتنتشر الفضلات النووية في البيئة مع أخطارها العديدة.

وعامة الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوى الاشعاعي المرتفع يتم التعامل معها بطرق امنة بيئيا من خلال الخطوات التالية:

#### 1- مستودعات التخزين:

تخزن الفضلات الصناعية المشعة ذات المستوى الاشعاعي المرتفع داخل مستودعات تخزين سميكة من الخرسانة المسلحة تحت سطح الارض لمدة خمس سنوات قبل التخلص النهائي منها. وحيث ان هذه المخلفات غالبا ذات درجات حرارة مرتفعة وتظل تغلي بصورة مستمرة فان عمليات التبريد تتم لها لخفض حراراتها من خلال دوائر تبريد.

#### 2- التحويل لمواد صلبة:

بعد التخزين الفضلات تتعرض لعمليات التصلد بتحويلها الي مواد ذات صورة صلبة قليلة التسرب.

#### 6-9. طرق السيطرة على التلوث الاشعاعي

من اهم طرق السيطرة علي التلوث الاشعاعي هي المسح الاشعاعي البيئي.

#### المسح الاشعاعي البيئي للمناطق والمنشآت:

أن عملية المسح الاشعاعي لمنطقة العمل والمناطق المحيطة بها هي عامل مؤثر وهام للبرنامج الوقائي ليؤكد أن الافراد العاملين في مجال الأشعاعات او عامة الجمهور سوف لايتعرضون الى جرعات أشعاعية أعلى من القيم المحدده دولياً وأن نوع وطبيعة برنامج المسح الاشعاعي لمنشأة نووية معينة سوف يعتمد بدرجة كبيرة على ظروف هذه المنشأة وتتضمن تلك الظروف:

- طبيعة المنشأة
- محتويات وطبيعة العمل بالأشعاعات
- نوع وكمية المواد ذات النشاط الاشعاعي المتداولة
- طرق ومقدار ومعدلات التسرب الاشعاعي من المنشأة الى البيئة المحيطة.

وكذلك متابعة الموقف الإشعاعى أولاً بأول فى منطقة العمل تعتبر عملية ضرورية لتأمين ظروف العمل ومتممة لنظام المسح الإشعاعى وبالتالى نحدد الجرعات الإشعاعية التى يتعرض لها العاملين فى مجال الأشعاعات.

ينقسم برنامج المسح الإشعاعى الى:

أ- برامج المسح الإشعاعى الخاصة بالمنشآت النووية والمناطق القريبة منها، وفى هذه الحالة فإن المسئول عن المنشأة النووية هو المختص بمراقبة مستوى التسربات الإشعاعية أثناء التشغيل العادى للمنشأة ليتأكد من أن تلك التسربات أقل ما يمكن ولا تتعدى الحدود الموضوعه بواسطه السلطات المختصة وعليه أيضاً فى حالة الحوادث يتبع الإجراءات الاولى الضرورية للسيطرة على الموقف ثم الاتصال بالسلطات المعنية ونظام القياس الإشعاعى (للمتدفقات الإشعاعية) يستخدم لقياس الغبار الذرى والسوائل المشعة المتسربة قريبا من نقط الخارج والقياسات فى نفس المكان تعطى معلومات اولية عن النوبات المشعة الموجوده ودرجة تركيزها سواء فى الغبار الذرى الناتج او السوائل المشعة المتسربة.

وقبل البدء فى عمليات التشغيل للمنشأة فإن القياسات البيئية تعتبر عاملا مؤثرا بل يمكن اعتبارها الأساس لبرنامج المسح الإشعاعى الطارئ خارج المنشأة وتستخدم نظرية المؤشر الحيوى فى التعرف على مستويات النوبات فى البيئة ومكوناتها، وتعتمد هذه النظرية على اختبار السلسلة الغذائية لكائن حى والتى تعطى مقياسا يمكن الوقوف به لكل نوبده مشعه تتواجد فى تلك السلسلة الغذائية، على سبيل المثال حالة سلسلة دورة النبات /الحيوان /اللبن /الإنسان والتى تعتبر دورة انتقال حرجة فإنه ليس من الضرورى قياس عينات مختلفة من الحشائش لمتابعة دورة اليود 131 فى كل أجزاء السلسلة الغذائية.

ولكن جمع وقياس الألبان المنتجة فى المناطق المجاورة للمنشأة يعتبر كافياً ويعتبر برنامج قياس التلوث الإشعاعى البيئى بمثابة اختبار عن مدى كفاءة تشغيل



المنشأه النووية وذلك عن طريق تحديد كمية التسرب الإشعاعي ومقارنتها بالكميات المحدده بمعرفة السلطات المختصة.

### برامج المسح الإشعاعي القومية:

عمليات المسح الإشعاعي على مستوى الدولة تتم بتحديد عدد من المناطق التى بها المنشآت النووية وعدد من المناطق القريبة منها وعدد من المناطق الساحلية والتي بها كثافة سكانية عالية وتنشأ بها شبكات متكاملة للرصد الإشعاعي وتحديد المستويات الإشعاعية وتؤخذ منها عينات تشمل معظم مكونات البيئة والسلسلة الغذائية وتجمع على فترات محسوبة سواء شهرية او سنوية وتجرى عليها التحاليل الكيميائية والقياسات الفيزيائية المناسبة لتقدير كميات النوبدات المشعة الموجوده بها ونوعياتها، وبمتابعة هذه المستويات يمكن إكتشاف أى تلوث إشعاعي أو ارتفاع فى المستويات الإشعاعية فى الوقت المنسب والتصرف حيالها بالطرق الوقائية السليمة.

### أهمية المسح الإشعاعي على المستوى القومى:

المسح الإشعاعي يعطى بصفة مستمرة المعلومات المطلوبة عن النشاط الإشعاعي غير الثابت والدائم الدوران.

إن الاستخدامات السلمية العديده للمواد ذات النشاط الإشعاعي تزيد من التلوث الإشعاعي الموجود ونحتاج الى دراسة مستمرة لمعرفة أماكن تواجد ها وكيفية تأثيرها المباشر وغير المباشر على الإنسان وبيئته.

إن الوفاق العالمى بين الدول الكبرى أمر غير مؤكد لضمان عدم الاستمرار فى إجراء التفجيرات النووية فى الهواء او وقفها.

### 6-10. الإشعاعات الضارة والتقنية الحيوية

ليس من شك فى أن مشكلة "النفايات النووية وأخطار تخزينها" هى مشكلة القرن الحادي والعشرين بلا منازع، سيما بعد أن تبين أن أحداً ليس فى مأمن منها،

كما أن المواد المشعة التي تشتمل عليها قد تظل في حالة "نشاط" لآلاف السنين (فمادة مثل البلوتونيوم تستمر إشعاعاتها نحو 240 ألف سنة).

وتذكر الأبحاث العلمية أن النفايات النووية يصدر عنها أربعة عناصر على درجة كبيرة من الخطورة، العنصر الأول هو "اليود المشع" الذي يترسب بكميات عالية على أسطح الخضراوات ومياه البحار ويصل إلى الإنسان عن طريق المواد الغذائية النباتية والحيوانية والأسماك البحرية ويسبب مرض سرطان الغدة الدرقية. والعنصر الثاني هو "الإسترانشيوم" الذي يصل إلى الإنسان عن طريق المواد الغذائية أيضاً ويترسب في التربة ويحولها إلى تربة غير صالحة للزراعة. ثم عنصر "السيزيوم" الذي يتركز في الأعصاب والعضلات والأنسجة والدم في جسم الإنسان، مما يسبب له مرض السرطان. وقد أثبتت الفحوصات الميدانية إصابة معظم سكان منطقة "لاهاج" (أشهر مقبرة للنفايات في فرنسا) بمرض اللوكيميا.

فبينما البشرية غارقة في التفاؤل والأمل بما يمكن أن تقدمه الطاقة النووية لخدمة الإنسان في مجالات الطب والصناعة والزراعة والوقود خصوصاً في ظل نضوب احتياطي وسائل الطاقة التقليدية مثل البترول وغيره، ارتجف العالم فزعاً عقب تمكن الإنسان من التفجير الذري الأول في السادس من أغسطس عام 1945م ممثلاً في قنبلة هيروشيما وظهور أمراض وتشوهات وراثية في نسل من تبقى من سكان هذه الجزيرة خاصة سرطان الدم "اللوكيميا". تلى ذلك حدوث حريق في قلب مفاعل "تشرنوبيل" حيث تم احتراق المواد الإشعاعية وحدث تلوث أرضى وتشوهات قد تمتد آثارها إلى أجيال متعاقبة، نظراً لإصابة الخلايا الوراثية وهذا يحتاج إلى سنوات عديدة للتغلب على آثاره. وبين الحين والآخر تحدث حوادث في المفاعلات النووية التي تؤدي إلى تسربات إشعاعية في الهواء والمياه الجوفية والتربة وتتعالى صيحات الرفض والتشاؤم تهدئ من روعها طمأنة أصحاب الأمل والتفاؤل.

## مميزات التقنية الحيوية كعلاج فعال للحماية من الإشعاعات:

لقد بدأت التقنية الحيوية في وضع برامج بحثية لاستحداث أساليب للحماية من الإشعاعات. فعلى سبيل المثال، في كلية الطب كاستربا Kasturba وتحت إشراف منظمة الأسلحة الدفاعية بالهند تمكن العلماء من استخلاص نوعين من الفلافينويد Flavanoids أطلق عليهما أورينتتين و فيسينين Vicenin، Orientin وذلك من أوراق نبات كرشنا تلباسي Krishna tulbasi وبعد اختبار تأثيرهما على فئران التجارب تبين أنه ليس لهما تأثير سام ولديهما القدرة على توفير الحماية من الإشعاعات الضارة.





## الفصل السابع

### التلوث الكهرومغناطيسي واثاره البيئية والصحية

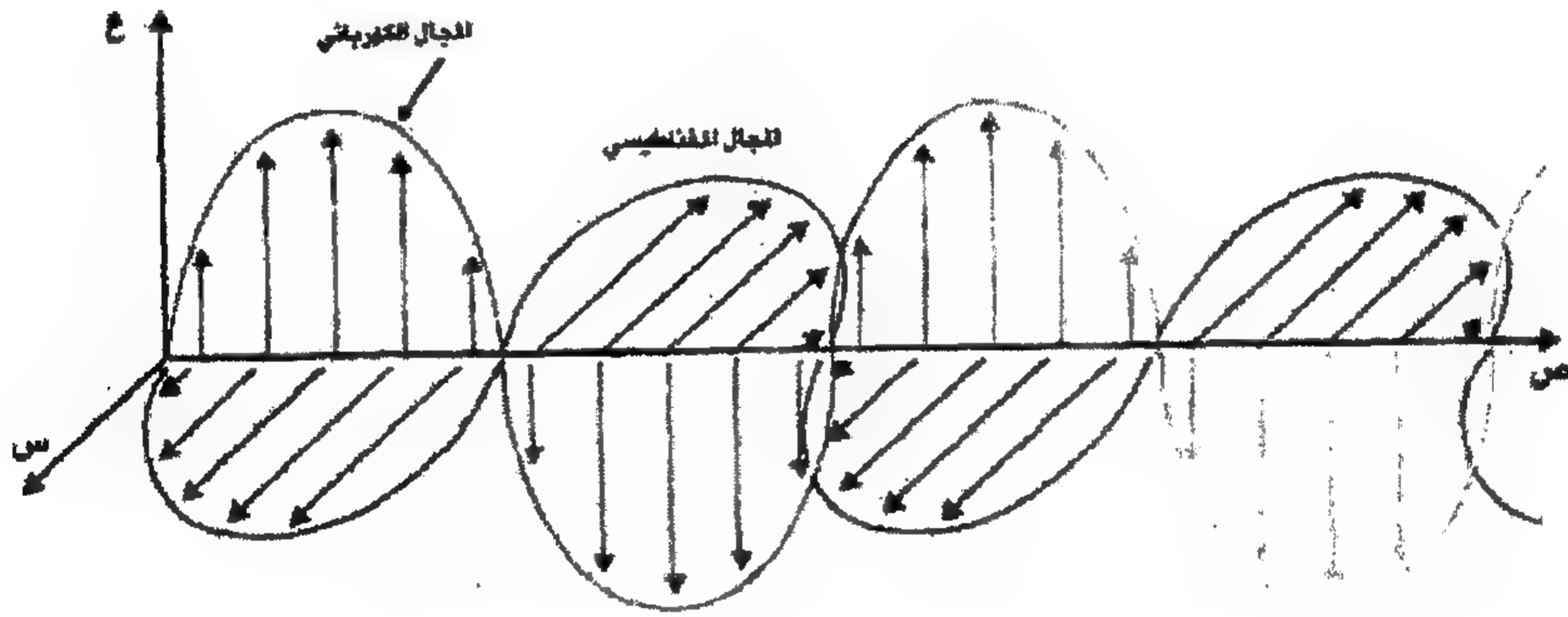
7. مقدمة عن الطيف الكهرومغناطيسي
- 7-1. تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية
- 7-2. مصادر التلوث الكهرومغناطيسي
- 7-3. محطات التليفون المحمول
- 7-4. الآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية
- 7-5. مكافحة التلوث الكهرومغناطيسي



## التلوث الكهرومغناطيسي واثاره البيئية والصحية

### 7. مقدمة عن الطيف الكهرومغناطيسي

الطيف الكهرومغناطيسي هو السلسلة التي تتكون من مجمل حزم الموجات الأشعاعية المختلفة في الطول Wave Length والتردد Frequency والتي تنبعث من الأجسام المادية المنشطة التي تشع فيما حولها كموجات اشعاعية حاملة كمية معينة من الطاقة، ويتكون الشعاع المنبعث من مجالين متآلفين (متراققين دائما) من الطاقة Energy، هما: الطاقة الكهربائية او المجال الكهربائي Electrical Field والطاقة المغناطيسية او المجال الكهرومغناطيسي Field Magnetic، وهاذان المجالان يكونان في ترافقهما متعامدين دائما، كما هو واضح في الشكل أدناه:



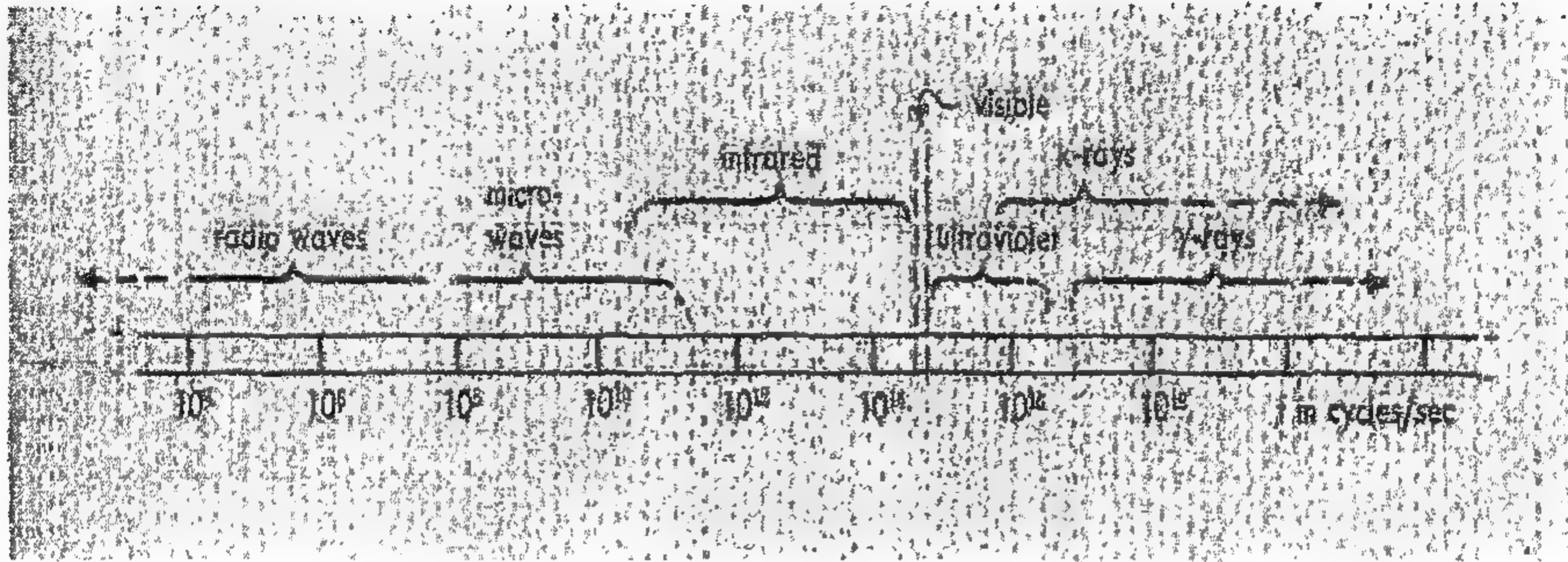
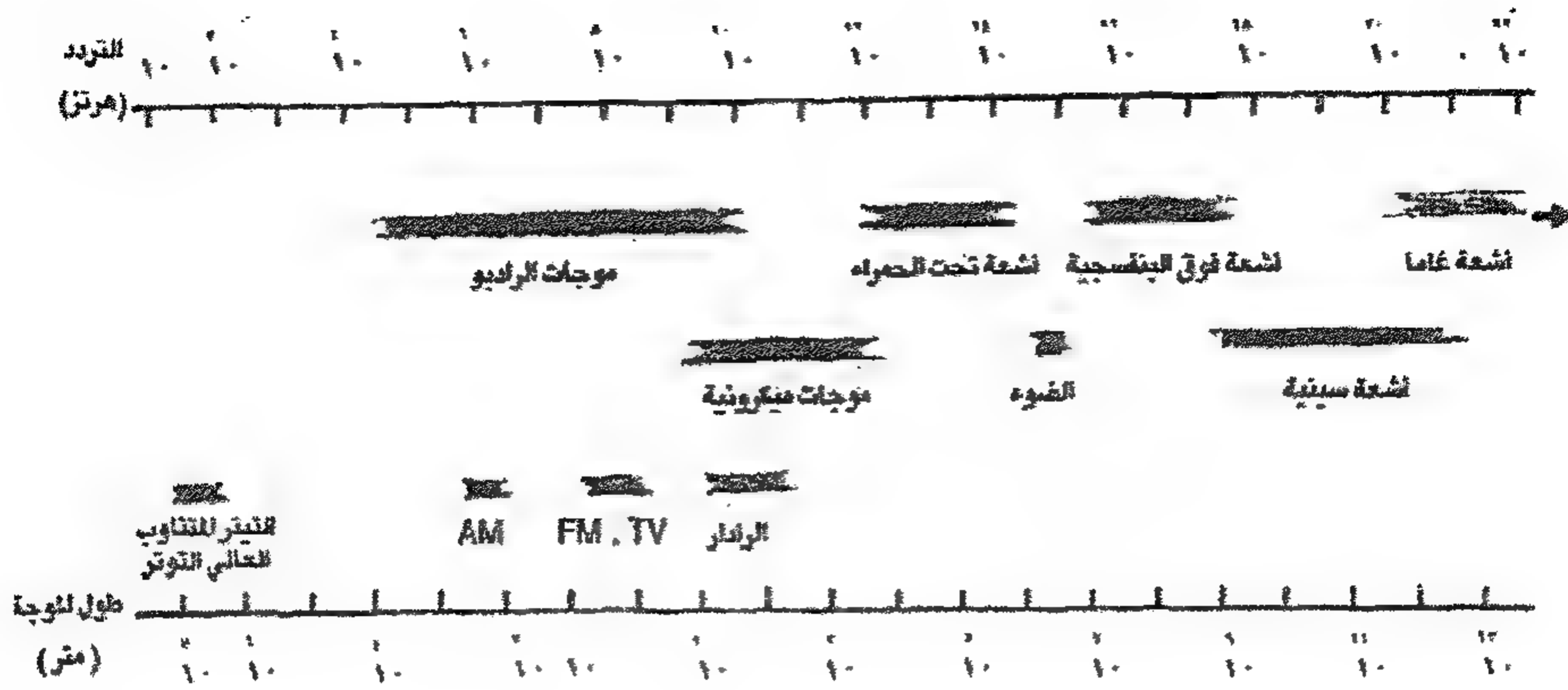
شكل 7-1 المنحنيان الجيبيان المتعامدان الذي يبين ترافق المجال الكهربائي والمغناطيسي ليعطيا المجال الكهرومغناطيسي

### 7-1. تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية

تصنف هذه الموجات الكهرومغناطيسية، إلى أنواع مختلفة من الموجات الأشعاعية، حسب طولها أمواجها او تردداتها او سرعات انتقالها في الفراغ او حسب نقاذيتها في المواد الموصلة، وأحيانا تصنف حسب نوع الآثار الفيزيائية او الكيميائية التي تحدثها عندما تسقط أو تنفذ في مواد مادية أخرى، ومن أنواع

الموجات الموجودة في الطيف الكهرومغناطيسي، نذكر مثلاً: الموجات الكهرومغناطيسية الأقصر طولاً في الطيف (السلسلة): أشعة ألفا  $\alpha$ ، وبيتا  $\beta$ ، وجاما  $\gamma$ ، وفي الطرف الآخر من الطيف الكهرومغناطيسي توجد الأنواع الأكبر طولاً موجياً، مثل: الأشعة الكونية Cosmic Ray، والموجات الراديوية Radio Waves، وبين هذين الطرفين، على الشريط الطيفي، توجد أنواع مختلفة من حزم الإشعاعات الموجية الأخرى (الموجات الكهرومغناطيسية)، متدرجة من الطول الموجي الأقصر إلى الطول الموجي الأكبر، نذكر من أنواعها مثلاً: أمواج الأشعة السينية X-ray و أمواج الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Bands or UV bands وحزم موجات الضوء المرئي Waves Visible Light وأشعاعات تحت الحمراء Infra-red Radiation or IR وموجات الميكروويف Microwaves والموجات الإذاعية وموجات الراديو Radio Waves & Broadcasting وموجات الـ "إف. إم FM waves وموجات التلفزيون waves TV وغيرها كثير، ويجب أن لا يغيب عن بالك التيارات الكهربائية المتناوبة Alternating Electrical Currents or AC currents و التيارات الكهربائية الساكنة or DC currents Direct Electrical Currents ذات الترددات الواطئة، ولتدرك مفهوم الطيف الكهرومغناطيسي الشامل، للنظر في الشكل التوضيحي التالي:





شكل 2-7، 3-7 طيف الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة

تعتبر التليفونات المحمولة ومحطاتها القاعدية من أهم مصادر التلوث الكهرومغناطيسي حيث تنتج عن هذه التليفونات مجالات كهرومغناطيسية. وتتكون هذه المجالات من مجالين متعامدين هما المجال الكهربائي (E) والمجال المغناطيسي (H) وتعتبر الموجة الصادرة عن التليفونات المحمولة ومحطاتها أمواجاً راديوية كهرومغناطيسية وهو إشعاع غير مؤين تختلف تأثيراته البيولوجية بشكل أساسي عن الإشعاع المؤين مثل أشعة X. ويمكن تمييز الموجات الكهرومغناطيسية من خلال ثلاثة متغيرات أساسية هي التردد، الطاقة، والطول الموجي. والطاقة تتناسب طردياً مع التردد وعكسياً مع الطول الموجي. والتردد هو عدد الذبذبات الكاملة في الثانية الواحدة ويقاس بوحدة تسمى هيرتز، بينما يقاس

طول الموجة بالمتر وتقاس الطاقة بالوات. وطبقاً للطاقة ينقسم الطيف الكهرومغناطيسي لقسمين أساسيين [1، 2]:

1- الإشعاعات غير المؤينة: هي إشعاعات ذات طاقة ضعيفة نسبياً بحيث لا تستطيع تكسير الروابط بين مكونات المادة، منها الضوء المرئي، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء، والترددات الراديوية والموجات القصيرة (الميكروويف).

2- الإشعاعات المؤينة: هي إشعاعات ذات طاقة كبيرة بحيث تستطيع تأيين المادة، أي تحويلها إلى جسيمات مشحونة (أيونات)، ومن أمثلتها الأشعة السينية، وأشعة جاما. ومجال الترددات الراديوية جزء من الإشعاعات غير المؤينة، ويغطي مدى واسع من الترددات يتراوح ما بين 300 هيرتز-300 جيجا هيرتز، ويقسم إلى ثلاث مجموعات فرعية:

1- الترددات المنخفضة جداً ELF: هي أقل من 300 هيرتز، والمصدر الأساسي لهذه الترددات هو خطوط نقل الطاقة الكهربائية والأجهزة المنزلية وجميع الأجهزة والمعدات الكهربائية التي تعمل بمصدر طاقة كهربائية ذات تردد 50 هيرتز.

2- الترددات المتوسطة: من 300 هيرتز-10 ميجا هيرتز وتسمى الترددات المتوسطة.

3- الترددات الأعلى: من 10 جيجا هيرتز-300 جيجا هيرتز.

ولذلك عند الدراسة العلمية حول الترددات الراديوية يلزم تحديد المدى الذي نتحدث عنه. فعندما نتحدث عن التليفون المحمول في مصر، نتحدث عن 900 ميجا هيرتز، وعندما نتحدث عن المحطات، نكون في مدى من الترددات يقترب من نطاق الترددات الراديوية الأعلى.

## 7-2. مصادر التلوث الكهرومغناطيسي

تنتج المجالات الكهرومغناطيسية في المنازل بتشغيل الأجهزة والمعدات المنزلية الكهربائية. كما أن المنازل القريبة من خطوط نقل الطاقة الكهربائية أو ذات التوصيلات الكهربائية الغير سليمة من الممكن أن تكون ذات قيمة عالية للمجالات الكهرومغناطيسية، فمن المؤكد أنه عند تشغيل أي جهاز منزلي كهربائي يتولد مجال مغناطيسي فعندما يكون الشخص قريباً منه يتعرض لهذا المجال ويخترق جسمه مما قد يعرضه للخطر. ومن هذه الأجهزة مجففات الشعر وماكينات الحلاقة الكهربائية والسخانات وأفران الميكروويف والمكيفات ولمبات الفلورسنت وأجهزة التلفزيون والفيديو وأفران الميكروويف وأنظمة الأنظار وفتاحات العلب وأجهزة الرد علي التليفون والخلاطات ومجهرات الطعام والثلاجات وغسالات ومجففات الملابس وأجهزة التليفون المحمول وصانع القهوة. وهذه الأجهزة والمعدات الكهربائية تولد مجالات كهرومغناطيسية عالية بالقرب منها وتقل بسرعة كلما بعدنا عنها (شكل 6)، لذا يجب أن يكون الشخص بعيداً عنها عند تشغيلها. أي أن درجة التلوث بالموجات الكهرومغناطيسية تزيد كلما اقتربنا من المصدر، وقيم تلك المجالات لبعض المصادر معطاة بالملي جاوس وعلي مسافات 10، 30، 50 سم علي الترتيب موضحة بجدول (7-1). ويمكن تقسيم تلك المصادر تبعاً لدرجة تلويثها للوسط المحيط، كما هو موضح بالجدول التالي.

### جدول (7-1)

قيم التلوث الكهرومغناطيسي حول بعض المصادر

Sources	Distance from appliance		
	10 cm	30 cm	50 cm
Hair Dryer	185	10	4.6
Dishwasher	24	4.8	1.8
Iron	20	3	Nil
Vacuum Cleaner	45	9	2.6
Photocopier	27	6	2.1
Color TV	20	6.2	2.2
Computer monitor	4.9	2.1	0.6



Sources	Distance from appliance		
Microwave Oven	120	24	12
Bedside clock radio	140	4.6	1.4
Juicer	700	2.3	0.9
Electric range	11.5	2.2	0.7
Washing machine	12.3	8.2	5.4
Sewing machine	23	3.5	1.2
Juicing machine	20	12.8	6.6

وفي أماكن العمل قد تكون درجة التلوث بالموجات الكهرومغناطيسية عالية تبعاً لنوع العمل ومكانه فأماكن العمل القريبة من خطوط نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية أو القريبة من شبكات الطاقة الكهربائية تكون درجة التلوث بالمجالات الكهرومغناطيسية عالية. والعاملون مع ماكينات الخياطة وأجهزة الحاسبات والأجهزة والمعدات الكهربائية وأجهزة الفاكس وآلات التصوير والطابعات وأجهزة الماسح الضوئي والمحركات الكهربائية يتعرضون لقيم عالية من المجالات الكهرومغناطيسية.

### جدول (2-7)

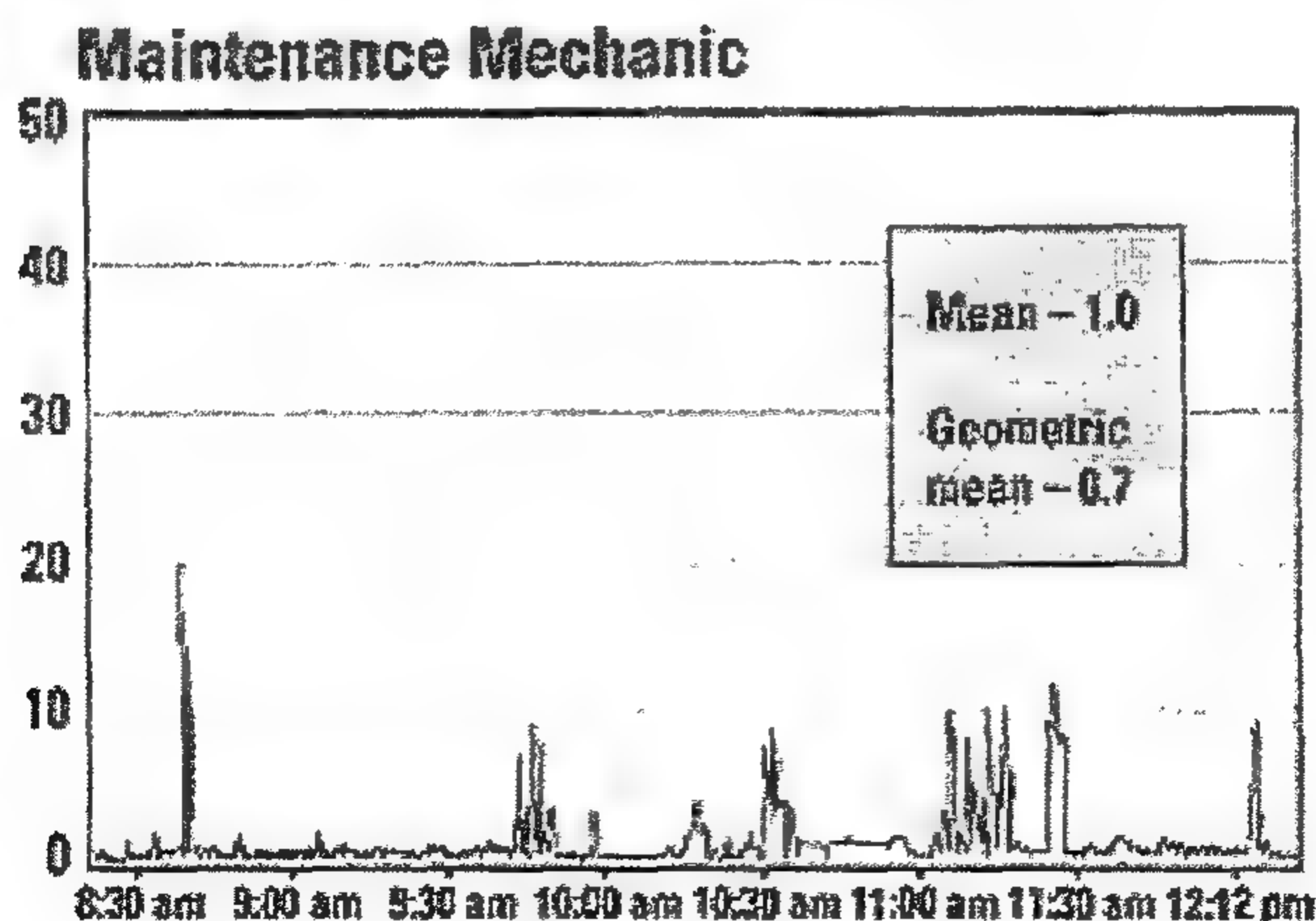
#### قيم التلوث الكهرومغناطيسي حول بعض المصادر

Equipment	at 30 cm	at 90 cm	Equipment	at 30 cm	at 90 cm
مصادر ذات درجة تلوث عالية جداً:			مصادر ذات درجة تلوث منخفضة:		
Can opener	7.19-163.02	1.30-6.44	Aquarium Pump	0.35-18.21	0.01-1.17
Computer monitor	0.20-134.7	0.01-9.37	Band Saw	0.51-14.24	0.05-0.75
Electric razor*	100 (at 15 cm)	20 (at 30 cm)	Clock	0.34-13.18	0.03-0.68
مصادر ذات درجة تلوث عالية:			Clothes Iron	1.66-2.93	0.25-0.37
Desktop Light	32.81	1.21	Coffee Machine	0.09-7.30	0-0.61
Hair Dryer	0.1-70	0.1-2.8	Copier	0.05-18.38	0-2.39
Microwave Oven	0.59-54.33	0.11-4.66	Dishwasher	4.98-8.91	0.84-1.63
Portable Fan	0.04-85.64	0.03-3.12	Food processor	6.19	0.35
مصادر ذات درجة تلوث متوسطة:			Garbage disposal	2.72-7.79	0.19-1.51
Drill press	0.21-33.33	0.03-8.35	Portable heater	0.11-19.60	0-1.38
Mixer	0.49-41.21	0.09-3.93	Radio	0.43-4.07	0.03-0.98
			Sewing machine	3.79-7.70	0.35-0.45
			Tape player	0.13-6.01	0.01-1.66



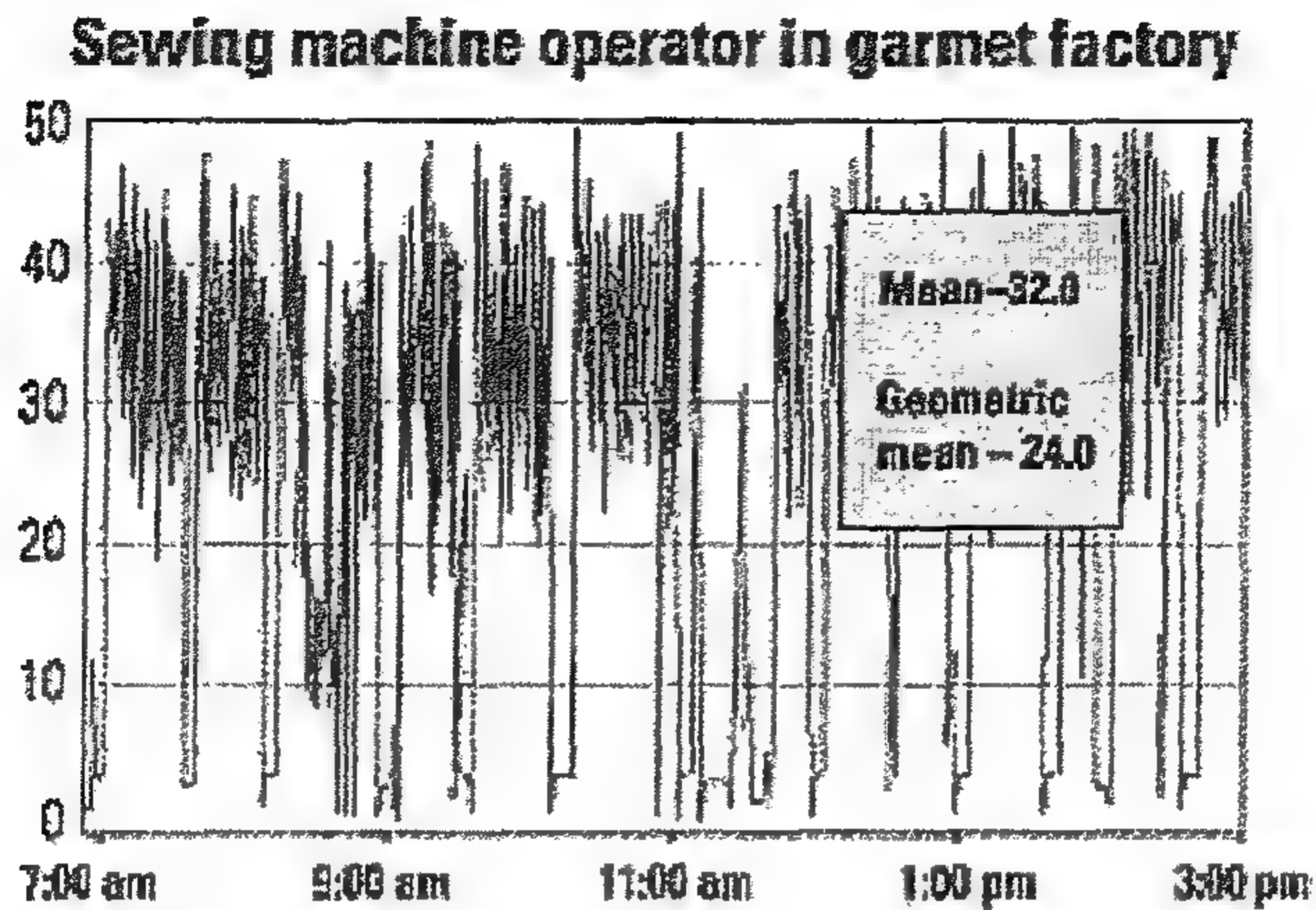
Equipment	at 30 cm	at 90 cm	Equipment	at 30 cm	at 90 cm
مصادر ذات درجة تلوث عالية جدا:			مصادر ذات درجة تلوث منخفضة:		
Printer	0.74-43.11	0.18-2.45	Television	1.80-12.99	0.07-1.11
Range	0.60-35.93	0.05-2.83	Toaster	0.29-4.63	0.01-0.47
Scanner	2.18-26.91	0.09-3.48	مصادر ذات درجة تلوث منخفضة جدا		
Vacuum cleaner	7.06-22.62	0.51-1.28	Fax machine	0.16	0.03
			Refrigerator	0.12-2.99	0.01-0.60
			Vcr	0.19-4.63	0.01-0.41
			Vending machine	0.46-5.05	0.02-0.59

وأشكال (4-7)، (5-7) توضح قيم المجال التي يتعرض لها العامل أثناء وقت العمل مقاسه بالملي جاوس. ومن أهم مصادر المجالات الكهرومغناطيسية في المدارس خطوط الكهرباء القريبة منها والتوصيلات الكهربائية الداخلية الغير سليمة وأجهزة الحاسب الآلي ومحطات الإرسال التلفزيوني والراديو والتليفون المحمول القريبة من تلك المدارس. أما خارج كل من المنازل وأماكن العمل فالسير بالقرب من أو أسفل خطوط الجهد العالي واستخدام وسائل المواصلات الكهربائية يسبب التعرض لمجالات كهرومغناطيسية قوية.



شكل 4-7: قيم المجال الكهرومغناطيسي التي يتعرض لها ميكانيكي يعمل في إصلاح كمبيوتر إن التلوث الكهرومغناطيسي سواء داخل أو خارج المنزل وأماكن العمل يعتبر محل اهتمام الكثير من الناس فقد أوضح استطلاع للرأي أجرته صحيفة يو اس آيه توداي

الأمريكية أن حوالي 35% منهم جاءت اجاباتهم بأن المجالات الكهرومغناطيسية EMF يعد في المرتبة الاولى كملوث خطر من بين الملوثات الأخرى،



شكل (5-7): قيم المجال الكهرومغناطيسي التي يتعرض لها عامل يعمل علي ماكينة خياطة طوال اليوم.

### 3-7. محطات التليفون المحمول

يبلغ عدد مستخدمي التليفون المحمول في العالم حوالي مليار، وتتوقع منظمة الصحة العالمية أن يصل بحلول عام 2006 لحوالي 1.8 مليار مستخدم. وبالتالي زيادة عدد محطات التليفون المحمول، والتي تزيد بدورها من المخاطر علي صحة المواطنين في حال تجاوزها للشروط الفنية والصحية والبيئية المقررة مما يكسب هذا الموضوع أهمية خاصة للمناقشة. وتعمل محطات التليفون المحمول القاعدية ضمن مدي الترددات 800-1800 ميجا هيرتز، وهو جزء من مجال الترددات الراديوية.

وتعطي محطات التليفون المحمول مستويات من القدرة تبدأ من بضعة واطات وحتى 100 وات أو أكثر، اعتمادا علي حجم المنطقة التي تخدمها المحطة، او بمعنى آخر عدد المكالمات المجابة علي هذه المحطة (شكل 1). ويبث هوائي

المحطة حزماً من الترددات التي تكون ضيقة في الاتجاه الرأسي، بينما تكون متسعة في الاتجاه الأفقي، لذلك تكون درجة التلوث الكهرومغناطيسي أسفل الهوائي مباشرة عند سطح الأرض ضعيفة جداً وتتزايد كلما تحركنا بعيداً عن المحطة، ثم تتناقص بعد ذلك.

#### 7-4. الآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية

أن تأثير هذه الإشعاعات - كما ذكر سالفاً - يرجع إلى ثلاث عوامل وهي التردد والطاقة وزمن التعرض، فتأثير الطاقة الصغيرة في زمن تعرض طويل يعادل تأثير طاقة عالية في زمن تعرض قصير بشرط ثبات تردد مصدر الإشعاع فبذلك يستطيع مستخدم التليفون المحمول بتقصير زمن المكالمات أن يقلل من زمن تعرضه، وذلك لزيادة أمانه، بينما لا يستطيع ساكني المباني المجاورة للمحطات مغادرة مساكنهم لتقليل زمن تعرضهم للإشعاعات (شكل 7-6).



شكل 7-6: التليفون المحمول كمصدر للتلوث الكهرومغناطيسي

وتعترف منظمة الصحة العالمية بأن هناك قلقاً عالمياً سببه وجود ارتباط بين التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، وبعض الأمراض وتفاوتت درجة هذا القلق العالمي من بلد إلى آخر. ومما يؤكد ذلك تبني منظمة الصحة العالمية عام 1996 مشروعاً دولياً لدراسة الآثار الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية، الصادرة عن محطات وخطوط كهرباء الضغط العالي، ومحطات البث الإذاعي والتلفزيوني، والرادارات والتليفون المحمول.



ونتيجة لتوزيع الترددات الراديوية على مدى واسع يقوم الباحثون بتقسيمها إلى مجموعات فرعية، ويختلف معيار الأمان، والذي يعرف على أنه درجة التلوث المسموح بها أو الجرعة المسموح التعرض لها، من مجموعة إلى أخرى كما يلي:

1- الترددات الراديوية أقل من 1 ميغا هيرتز والمستويات المنخفضة قد تنتج ارتفاعاً في درجة الحرارة ولكن الجلد البشري يعمل كمنظم حرارة طبيعي لذا يتم التخلص من الحرارة الزائدة عبر الجلد. كما أنها تسبب سريان تيار كهربى داخل الأنسجة. وقياس جرعة الإشعاع المسموح بها في هذه الحالة يحسب من خلال ما يعرف بكثافة التيار التي تعرف بالتيار الكهربى الذي يقطع وحدة المساحات عمودياً عليها خلال زمن واحد ثانية، ووحدة قياسها أمبير لكل متر مربع.

2- الترددات أكبر من 1 ميغا هيرتز تسبب ارتفاعاً في درجة حرارة الجسم لأنها تخترق الجلد وتعمل على تحريك الأيونات وجزيئات الماء خلال الجسم (شكل 13). ويعتمد عمق الاختراق على تردد المجال، فكلما كان التردد صغيراً زاد عمق الاختراق. وقد وضع معيار الأمان لهذا المدى من الترددات من خلال ما يعرف بمعدل الامتصاص النوعى، ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها وحدة الكتل خلال زمن قدره واحد ثانية، وبالتالي فإن وحدة القياس لها هي وات لكل كيلو جرام. ويختلف معيار الأمان من بلد لآخر ففي حين تعترف ألمانيا بمعدل امتصاص قيمته 2 وات لكل كيلو جرام، فإن لجنة الرقابة الأمريكية تقر بمعدل امتصاص لا يتعدى 1.6 وات لكل كيلو جرام. ويذكر أن الحرارة المستحثة الناتجة نتيجة التعرض لمجال راديوى قد تسبب نقصاً في القدرة البدنية والذهنية وتؤثر في تطور ونمو الجنين وقد تحدث عيوباً خلقية، كما قد تؤثر على خصوبة النساء.

3- الترددات فوق 10 جيجا هيرتز ذات كثافة طاقة أكبر من 1000 وات لكل متر مربع تتسبب في الإصابة بمرض عتامة العين (المياه البيضاء أو الكتاراكت)،



كما قد تسبب حروقا في الجلد. وهذه الكثافة أمر يكاد يكون غير موجود في الطبيعة إلا بالقرب من بعض الرادارات القوية. وقد وضع معيار الأمان هنا من خلال كثافة الطاقة ووحدة القياس هي وات لكل متر مربع. وتتفاوت معايير الأمان بشكل ملحوظ من بلد إلى آخر، وتتفاوت الاهتمام بالآثار الصحية التي يمكن أن يسببها التعرض لمجال الترددات الراديوية فوق حدود الأمان. فبينما تهتم دول مثل روسيا وكوبا وإيطاليا بموضوع الترددات المنخفضة جدا (أقل من 300 هيرتز)، والتي ترتبط أساسا بشبكات نقل وتوزيع الكهرباء، وتهتم دول أخرى بمحطات الإذاعة والتلفزيون ومحطات التليفون المحمول، بينما لا تعتبر بلدان أخرى المسألة هامة من الأساس.

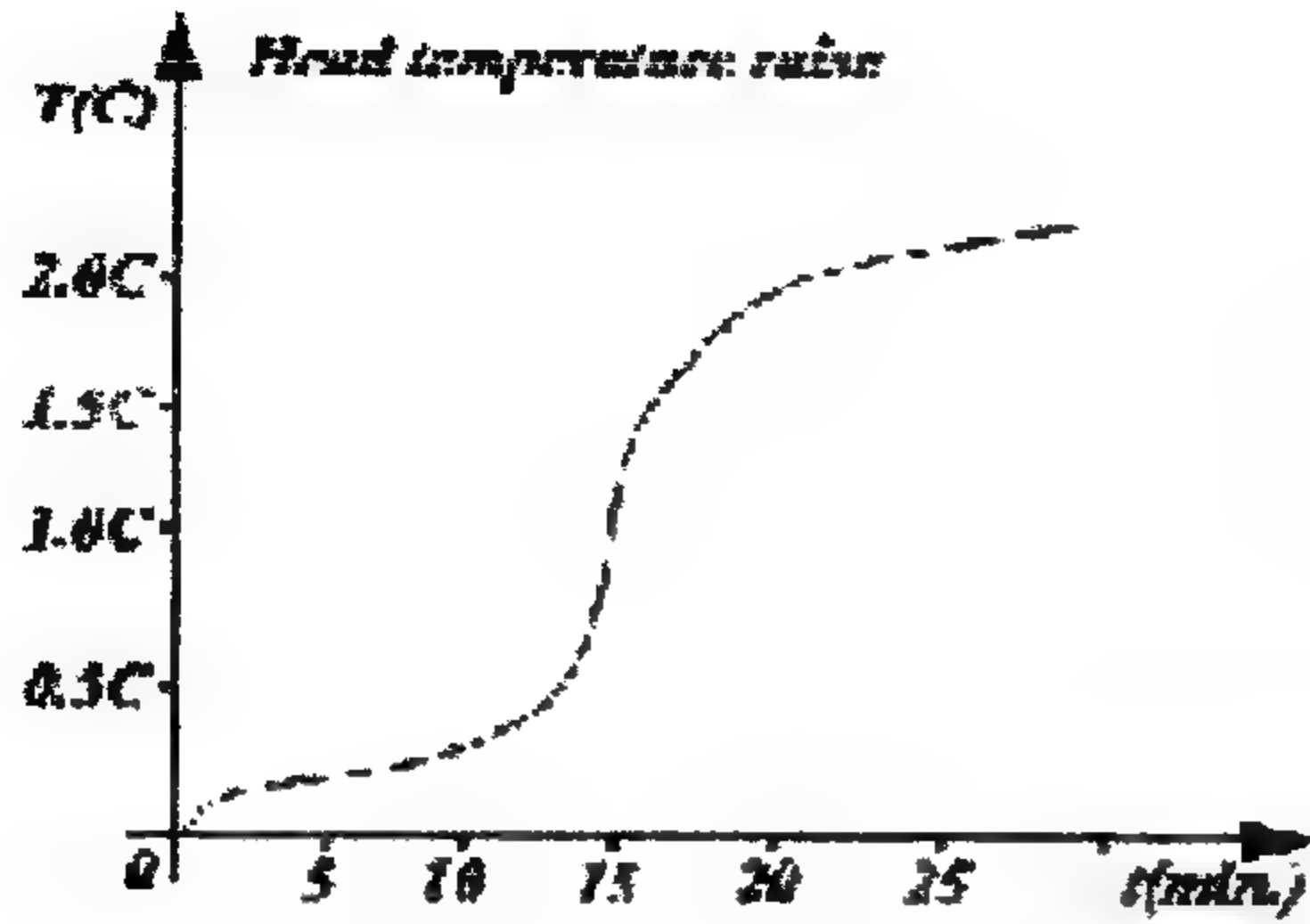
ولازال التأثير الصحي لإشعاعات محطات التليفون المحمول محط اهتمام قطاعات واسعة من المنظمات الأهلية والحكومية ومن كافة فئات الشعب، وفي هذا السياق من يجب مراعاة اختلاف الآثار الصحية طبقا لاختلاف المدى والتردد. فبالنسبة للترددات المنخفضة جدا أي أقل من 300 هيرتز دعي المؤتمر الدولي الذي عقد في جنيف عام 1997 إلى مواصلة البحوث حول مدي ارتباط المجالات الكهرومغناطيسية منخفضة الترددات وبعض الأمراض مثل سرطان الدم (اللوكيميا) عند الأطفال وسرطان الثدي عند النساء وأمراض الجهاز العصبي المركزي ومنها الزهايمر، فهناك دراسات عديدة حول إصابة الأطفال الذين يسكنون بجوار خطوط القوي الكهربائية ذات الجهد العالي بسرطان الدم أكثر من غيرهم ساكني المناطق الأخرى فقد أظهرت الدراسات التي أجريت علي مئات الأطفال الذين يعيشون بالقرب من تلك الخطوط أنهم يتعرضون للإصابة بأمراض الجهاز العصبي وسرطان الدم ضعف الأطفال الآخرين الذين يسكنون بعيدا عن هذه الخطوط، حيث قد تزيد نسبة إصابة الأطفال بسرطان الدم بنحو 375% إذا كانوا يعيشون في حدود 50 متراً من خطوط الجهد العالي [1، 2].

أما بالنسبة لترددات الرادارات فقد أكدت تجارب أجريت في الاتحاد السوفيتي السابق أن التعرض لموجات الرادار لفترة طويلة قد يؤدي للصداع والإجهاد العصبي كما قد يؤدي لفقدان الذاكرة. فضلا عن تزايد احتمالات الإصابة بالسرطان وهو الأمر الذي أكدته تجربة أجريت علي فئران التجارب التي تم تعريضها لتيار متقطع من أشعة الرادار، كانت النتيجة أن 40% من الفئران قد دمرت خلاياها التناسلية تماما، كما أصيب نحو 35% منها بسرطان الدم. أما التعرض لإشعاعات بمستوي 120 ملي وات/سم<sup>2</sup> فقد يؤثر علي وظيفة إفراز الهرمونات من الغدة النخامية وهو ما يؤثر علي الخصوبة. كذلك فإن التعرض لمستويات عالية بجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور الدوار وسرعة الشعور بالإجهاد وانخفاض معدل التركيز الذهني وكذلك تخيل أصوات صادرة من الرأس أو بالقرب منها. أما بالنسبة لموجات الميكروويف القصيرة فمن خلال تجربة عملية تم توجيه مجال ميكروويفي في حدود 100 ملي وات/سم<sup>2</sup> لمدة أربعة ساعات علي مجموعة من أرانب التجارب لبيان التأثير الضار لهذه الترددات، حيث لوحظ أن درجة حرارة سائل العين قد ارتفعت بشكل ملحوظ وإصابة الكثير من هذه الأرانب بعد حوالي أسبوع بالمياه البيضاء. كذلك أكدت دراسات أخرى علي أن التعرض للطاقات العالية من الميكروويف يزيد من احتمالات حدوث سرطانات في الأنسجة.

أما بالنسبة للآثار الصحية لمحطات البث الإذاعي والتليفزيوني، فيمكن أن يسبب التعرض لمستويات مرتفعة من الترددات الراديوية الناتجة من أبراج بث وتقوية تلك المحطات الإصابة ببغض الحالات المرضية. وقد اوضحت الدراسة أن هناك زيادة في معدل الإصابة ببغض الحالات المرضية عن المعدل المعتاد، كما هو موضح بجدول (7-3).

### جدول (7-3)

ارتفاع نسبة بعض الحالات المرضية نتيجة التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية



شكل العلاقة بين ارتفاع درجة حرارة الرأس وفترة التحدث

الحالة المرضية	الزيادة بمعدل الإصابة
الإصابة بالتشوهات الخلقية	%372
الإصابة بحساسية الجلد	%323
الإصابة بالصداع المزمن	%374
الإصابة بالتهابات المفاصل	%402
الإصابة بحساسية الصدر	%153
الإصابة بأمراض ضغط الدم	%120
الإصابة بأمراض الجهاز الهضمي	%81
الإصابة بضعف الإبصار	%76

وبتحليل ومراعاة الظروف المعيشية والبيئية لأهالي المنطقة موضوع الدراسة لتفسير العوامل التي أدت إلى تزايد معدلات الإصابة بهذه الأمراض وجد أن هناك تشابه في ظروف هذه المناطق مع ظروف آلاف الأماكن الأخرى مما يشير إلى أن أبراج البث الإذاعي والتليفزيوني هي المسؤولة عن الإصابة بتلك الأمراض. كما تشير الدراسات والأبحاث إلى أن التعرض لمستويات إشعاع أعلى من حدود الأمان يعرض السكان للخطر، الأمر الذي يبرر مخاوف السكان. من ناحية أخرى فإن المعايير المتفاوتة، من شأنها زيادة مخاوف السكان من آثار المجالات الكهرومغناطيسية. فبالرغم من أن البلدان تبدو حرة في اختيار نظام الأمان الذي تتبعه إلا أن تباين المعايير، ويبرر العديد من المخاوف، ففي بعض الدول هناك نظامان للأمان، أولها للعاملين في صناعة الأجهزة وصيانتها، والثاني للسكان المحليين، بينما في دول أخرى يختلط الأمر.

عندما تسقط الطاقة الكهرومغناطيسية على الأنسجة بيولوجية فإنه يتكون داخلها بفعل الحث الكهرومغناطيسي مجالان إحداها مغناطيسي وشدته (H) والآخر كهربائي وشدته (E) حيث لا تقل قيمة أي من المجالين عند مرور الموجة الكهرومغناطيسية خلال مادة عازلة مثالية نظراً لأن تلك المادة لا تستهلك طاقة من الأشعة الساقطة عليها بمعنى أنه لا يحدث تأين لها بينما في حالة المادة العازلة التي



تتمتع بصفة الفقد يكون لها موصلية كبيرة مما يؤدي إلى حدوث تحرك للشحنات داخلها على شكل إلكترونات حرة أو حدوث زيادة في تذبذب جزيئات المادة ويفسر حدوث هاتين العمليتين داخل المادة نتيجة انتقال الطاقة من المجال الكهرومغناطيسي للأشعة الساقطة إلي الوسط مما يؤدي إلى انخفاض شدة المجالين وهذا يعني حدوث امتصاص للأشعة الكهرومغناطيسية بواسطة المادة.

وقد اوضحت الدراسات أن هناك عددًا من العوامل التي تحدد مدى تأثير الجسم بالموجات الكهرومغناطيسية، وهي:

- 1- يزداد امتصاص هذه الطاقة الكهربائية بزيادة الذبذبات الخاصة بالإشعاع.
- 2- تزداد كمية الامتصاص الأشعاعي بزيادة فترة التعرض له، كما تتأثر هذه الكمية بنوع الملابس؛ حيث يعمل بعضها كعكس للموجات.
- 3- زيادة حركة الهواء المحيط بالجسم يقلل من تأثير الإشعاع.
- 4- يزداد تأثير الإشعاع بزيادة نسبة الرطوبة في الجو.
- 5- يزداد تأثير الإشعاع بزيادة درجة حرارة الجو المحيط.
- 6- يزداد تأثير الإشعاع في الأعضاء أو الأنسجة التي تقل فيها كمية الدم بصفة عامة مثل العين.
- 7- كلما قل العمر زاد امتصاص الجسم للإشعاع؛ فالكمية التي يمتصها الطفل أكبر من التي يمتصها البالغ.

كما أن الأبحاث مستمرة حول تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على المخ والجينات الوراثية، وإذا ثبت تأثيرها الضار؛ فإن شركات التليفون المحمول التي تستثمر مليارات الدولارات سوف تغلق أبوابها. وإن ما توصلت إليه الأبحاث حتى الآن هو أن موجات التليفون المحمول تسبب القلق عند النوم بسبب تأثيرها على إفراز مادة الميلانونيين؛ ولذلك يجب غلقه إذا كان في حجرة النوم، كما أنه قد يؤدي إلى خفض ضغط الدم؛ ولذلك يجب عدم إطالة مدة المكالمات، خاصة أن تأثير المستخدم لجهاز التليفون المحمول بالموجات أكثر من تأثير المحيطين بمحطات المحمول.



كما أنه يجب إنشاء محطات المحمول بعيدًا عن المستشفيات والمدارس وذلك لأن تلك الموجات بصفة عامة خطر على الصحة بلا جدال ومن هنا انطلقت الأبحاث لمعرفة التأثير الفعلي لأجهزة التليفون المحمول على صحة الإنسان، وكذلك تأثير المحطات القاعدية المستخدمة في إرسال واستقبال الموجات اللازمة لتشغيل التليفون المحمول، فمن المعروف أن هذه المحطات القاعدية تُقام في المدن فوق أسطح المنازل؛ حيث إن المحطة الواحد قادر على تغطية الإرسال والاستقبال في محيط دائرة حوله نصف قطرها بضعة كيلومترات؛ ولهذا لا بد من وضع العديد من المحطات حتى يتداخل مجال كل برج مع الآخر فتغطي الشبكة المدينة كلها.

إن المكتب الصحي التابع للحكومة البريطانية UK chief medical officers نصح بضرورة حظر استخدام التليفون المحمول عن الأطفال أقل من 16 عامًا، لأن الأطفال أقل من 16 عامًا يكون جهازهم العصبي في مراحل تكوينه، ونظرًا لأن الأبحاث لم تنته في مجال التليفون المحمول والصحة، فإن الأطفال أقل من 16 عامًا هم الأكثر عرضة إلى أمراض الجهاز العصبي وخلل وظائف المخ، وذلك في حالة ثبوت الأضرار الناتجة عن استخدام التليفون المحمول؛ ولذلك ينصح المكتب الصحي الآباء والأمهات بضرورة حظر استخدام المحمول عن الأطفال أقل من 16 عامًا إلا في حالات الضرورة القصوى على أن تكون المكالمات قصيرة جدًا.

## 7-5. مكافحة التلوث الكهرومغناطيسي

توجد وسائل عديدة لتقليل التلوث الصادر من الأجهزة الكهرومغناطيسية ومنها الآتي:

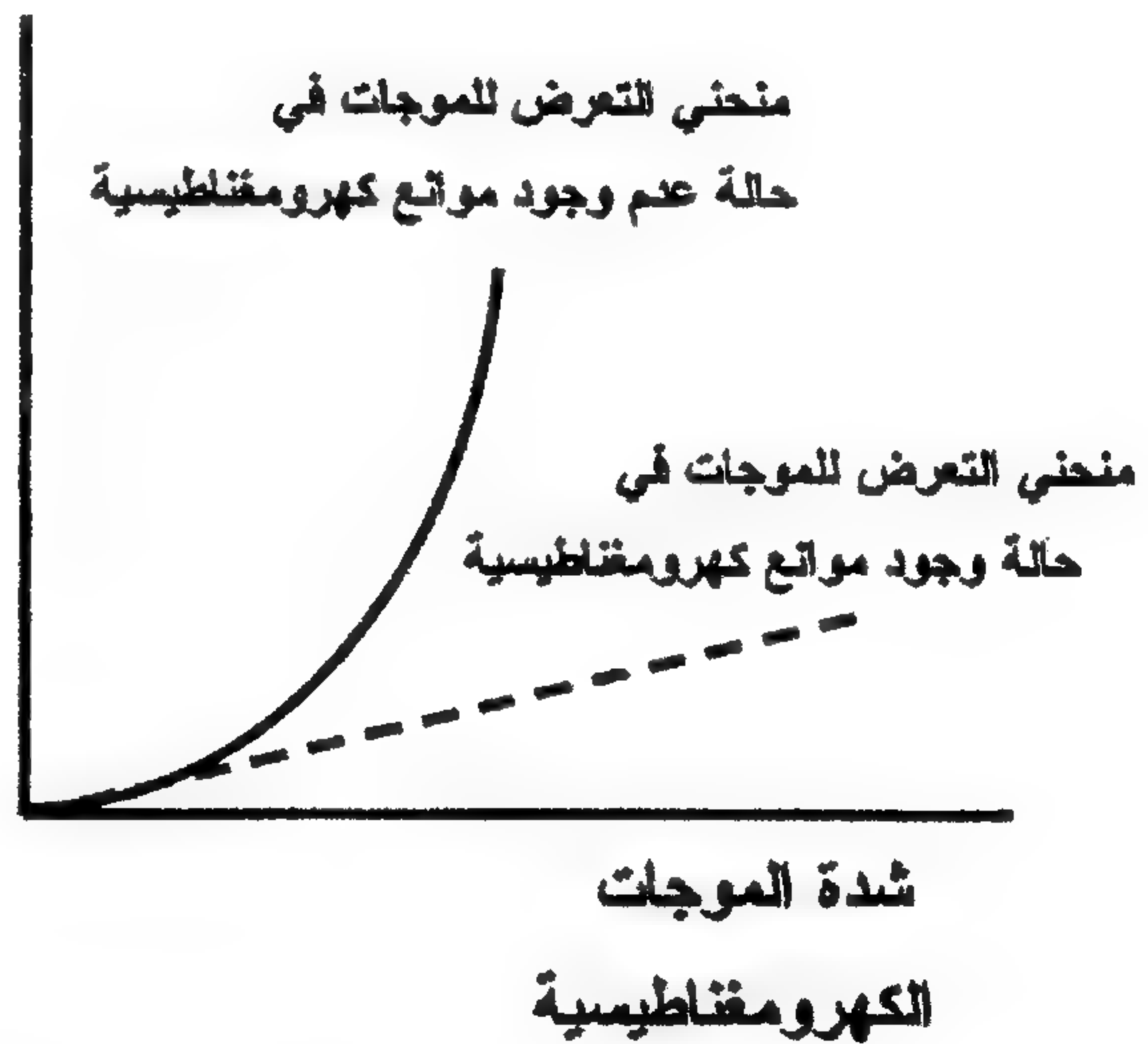
### 1- استخدام الموانع الكهرومغناطيسية

يمكن عن طريق تغليف الأجهزة التي يصدر عنها موجات كهرومغناطيسية بأغلفة من مواد مانعة لنفاذ الموجات الكهرومغناطيسية وبالتالي منع وصول الموجات الكهرومغناطيسية إلى الجسم، مما يمنع الآثار المترتبة على وصولها.

لقد اثبتت الدراسات التي اجريت لمعرفة تأثير الموجات الكهرومغناطيسية علي بعض حيوانات التجارب عند استخدام الموانع الكهرومغناطيسية، وعند عدم استخدامها، وقد ادت هذه التجارب الي اثبات كفاءة الموانع الكهرومغناطيسية في تقليل الاثار السلبية للموجات الكهرومغناطيسية علي الخلايا والانسجة.

يمكن ايضا الفارق بين التأثير الكهرومغناطيسي علي الخلايا في حالة عدم استخدام موانع كهرومغناطيسية، وفي حالة استخدام الموانع الكهرومغناطيسية وذلك من خلال استخدام قياسات خاصة، ويتم ترجمة هذه القياسات في صورة منحنيات موجية توضح العلاقة بين الحالتين، ودرجة الخطورة الناتجة في الحالتين كما في المنحنى التالي:

#### درجة الخطورة



مخطط يبين العلاقة بين شدة الموجات الكهرومغناطيسية ودرجة الخطورة

#### 2- دراسة إنتاج أجهزة تنتج موجات كهرومغناطيسية قليلة جدا

يدرس العلماء حاليا امكانية انتاج أجهزة تنتج موجات كهرومغناطيسية قليلة جدا تكاد تكون خالية من الموجات الكهرومغناطيسية، مما سيمنع الاثار السلبية لهذه

الموجات، وقد تم بالفعل انتاج بعض أجهزة التليفون المحمول ذات الموجات القليلة. وما زالت الدراسات العلمية تجري لاختيار الوسائل لانتاج مثل هذه النوعية من الأجهزة رغم تكاليفها المادية العالية جدا.

### 3- تفريغ الشحنات الكهرومغناطيسية من الجسم

نصح العلماء المواطنين القريبين من خطوط الضغط العالي للكهرباء والذين يتعرضون للموجات الكهرومغناطيسية بدرجات كبيرة بالسير حفاة الأقدام أطول فترة ممكنة.





## قاموس المصطلحات العلمية

### A

#### عامل لا أحيائي Abiotic

مركب غير حي للبيئة مثل تربة، ماء، هواء، ضوء، مواد غذائية غير عضوية.

#### التلوث المقبول Acceptable Pollution

التلوث المقبول هو درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظام الإيكولوجي ولا يكون مصحوباً بأي أضرار أو مشاكل بيئية رئيسية.

#### المطر الحمضي Acid Rain

يحدث عندما تتفاعل أكاسيد الكبريت و النيتروجين المنبعثة من مصادر التلوث المختلفة (مثل مصادر حرق الوقود من المصانع ومحطات توليد القوى ووسائل المواصلات) مع بخار الماء في الجو لتتحول إلى أحماض و مركبات حمضية ذائبة تبقى معلقة في الهواء حتى تتساقط مع مياه الأمطار (أو الضباب أو الثلوج أو البرد) مكونة ما يعرف بالأمطار الحامضية التي تحتوي على نوعين رئيسيين من الأحماض القوية وهي حمض الكبريتيك وحمض النيتريك. ويتسبب المطر الحامضي في العديد من الأضرار البيئية، حيث تتسبب في زيادة حامضية البحيرات والأنهار مما يؤدي إلى تأثر الكثير من الأحياء المائية التي لا تحمل الحموضة، كما تسبب في زيادة حموضة التربة مما يؤدي إلى تغير صفاتها وبالتالي إمكانية تقليل قابليتها للزراعة. وتتسبب أيضاً الأمطار الحامضية في إتلاف بعض المنشآت عن طريق تسريع تآكل بعض مواد البناء. وفي بعض المناطق التي تتميز بالجو الجاف فتلتصق المركبات الحمضية سطح حبيبات الأتربة العالقة في الهواء و تتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحمضي الجاف.

#### مستويات التأثير Action Level

هي المستويات المسموح بها من قبل حماية البيئة (EPA) لمتبقيات المبيدات في الاغذية او الاعلاف والناجمة عن اسباب اخري غير التطبيق المباشر للمبيدات وتقرر مستويات التأثير كدلالة علي المتبقيات الناتجة عن استخدام قانوني او حادث ملوث.

#### الحماة المنشطة Activated Sludge

هو اصطلاح يطلق علي مجموعة الكائنات الدقيقة الحية التي لتري بالميكروسكوب وموجودة في الطبيعة، وتكون في حالة نشطة فعالة، ويطلق علي طريقة المعالجة البيولوجية التي تعتمد علي

تلك الكائنات في المعالجة طريقة المعالجة بالحماة والتي تعد من اشهر طرق المعالجة البيولوجية علي الاطلاق. والحماة المنشطة لها القدرة علي استهلاك المواد العضوية كغذاء سواء كانت هذه المواد عالقة او ذائبة في مياه المجاري، ونمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة والتصاقها بالمواد العالقة يزيد من وزنها مما يسهل عملية فصلها من الماء المعالج بواسطة الترسيب في المروقات النهائية.

### البخر والنتح الفعلي Actual Evaporation and Transudation

الحجم الكلي الفعلي للبخر من الأرض والأراضي الرطبة والكتل المائية الطبيعية ونتاج النباتات. ووفقاً لتعريف هذا المفهوم في الهيدرولوجيا فإن البخر والنتح المتولدين من جميع التدخلات البشرية يستبعدان، باستثناء الزراعة والحراثة دون ري. ويجب النتح الفعلي، باستخدام أنواع مختلفة من النماذج الرياضية تتراوح بين اللوغاريتمات البسيطة للغاية (Turn, Budyko, Pyke, etc.) والمخططات التي تمثل الدورة الهيدرولوجية بالتفصيل.

### الامتزاز (الامتصاص) Adsorption

هو احد الخواص الفيزيائية للمواد، حيث تنتشر المواد القابلة للامتزاز علي سطح المادة المازة، وهي احدي الطرق المتقدمة لمعالجة المخلفات والملوثات بغرض ازالة بعض المواد العضوية من المياه او الهواء باستخدام مادة نشطة سطحيا مثل الكربون المنشط.

### هوائي Aerobic

كائن حي قادر على العيش بوجود الأوكسجين فقط، او عملية تحدث فقط بوجود أوكسجين جزيئي في الهواء او أوكسجين مذاب في الماء.

### البكتريا الهوائية Aerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تري فقط بالمجهر، وهي التي تنمو وتتكاثر فقط في وجود الأوكسجين ويمتتع نموها في غيابه، ومن مميزات هذه البكتريا انها تتغذي علي المواد العضوية وتحللها الي غاز ثاني أكسيد الكربون وماء ونواتج اخري غير ضارة. واشهر هذه الأنواع من البكتريا.

Bacillus thermoliquifaciens، Pseudomonas delphini، non pathogenic Mycobacteria

### الإيروسولات Aerosols

جسيمات عالقة في الغلاف الجوي في الحالة السائلة بحيث تتميز باستقرارها في مقاومة الجاذبية وبطء التآثر والتجمع لتكوين جسيمات أكبر وأثقل، وتحتوي كثير منها على مركبات الكبريت.

تتبعث الإيروسولات من مصادر متعددة، منها المصادر الطبيعية مثل البراكين الثائرة، ومنها حرق الوقود الحفري. ويطلق تعبير الإيروسولات على عبوات الغاز المسال المضغوط التي تستخدم في تطبيقات كثيرة مثل المبيدات الحشرية وبعض المذيبات العضوية التي تستخدم في الاستخدامات المنزلية والتنظيف، حيث تتبعث عادة من هذه العبوات مركبات الهالوكربونات والكلوروفلوروكربون الملوثة للغلاف الجوي والتي تعتبر مواد خطرة (يرجى الرجوع الى تعريف الكلوروفلوروكربون CFCs).

### الملوثات الثانوية للهواء Air Secondary Pollutants

هي تلك الملوثات التي تنتج عن وجود ملوثات أولية في الهواء Primary Pollutants وتتكون هذه الملوثات نتيجة للتفاعلات الكيميائية للملوثات الأولية في وجود الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء وأشعة الشمس وغيرها، ومن أشهر ملوثات الهواء الثانوية الضباب (الدخاني والكيموضوي) والمطر الحمضي.

### الطحالب Algae

الطحالب كائنات إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد على غذائها على ضوء الشمس حيث تقوم بعملية البناء الضوئي، وللطحالب دور هام في المعالجة البيولوجية للمياه الملوثة وذلك لسبب وهو في بحيرات الأكسدة بإنتاجها الأكسجين من خلال عملية البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك خلال النهار، وتقوم البكتيريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة.

ونمو الطحالب غير المرغوب فيها، وإيضاً وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسمك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للارض تسبب تلوثاً للمياه الجوفية.

ومن أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه هو وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين، ولهذا ينصح العلماء بإزالة النيتروجين من المياه المعالجة أو إزالة الفسفور أو كليهما.

### البكتيريا اللاهوائية Anaerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تربي فقط بالمجهر، وهي التي تنمو وتتكاثر فقط في غياب الأكسجين ويمتنع نموها في وجوده، وقد تقتل هذه البكتيريا إذا تطرق الأكسجين الي بيئتها، وتتميز هذه

البكتريا انها تتغذي علي المواد العضوية في عدم وجود الأكسجين الذائب وتحللها الي غازات متعفنة وسامة وقابلة للاشتعال مثل غازات اول أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والميثان والأمونيا ومجموعة اخري من الغازات المتعفنة والسامة.

### البيئة المائية Aquatic Environment

كل الاجسام المائية علي الكرة الأرضية وبخار الماء في الجو، وتمثل البيئة البحرية والمياه الداخلية بما فيها المياه الجوفية ومياه الينابيع والوديان وما بها من ثروات طبيعية ونباتات وأسماك وكائنات حية أخرى وما فوقها من هواء وما هو مقام فيها من منشآت او مشاريع ثابتة او متحركة.

### الالتهاب الاسبستوسي Asbestosis

مرض مصاحب لاستنشاق الياف الاسبستوس ويؤدي هذا المرض لزيادة متوالية للمصاعب التنفسية وقد يكون مرضا مميتا او يسبب السرطان الرئوي.

### الذرات Atoms

ومفردها ذرة (Atom)، وهي أصغر جزء من العنصر، يمكن أن يدخل في التفاعلات الكيميائية، دون أن ينقسم او يتجزأ. وتتكون الذرة من النواة، التي يحيط بها المسارات او المدارات الإلكترونية.

### الغلاف الجوي Atmosphere

هو الجزء الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية و يتكون هذا الغلاف من النيتروجين (بنسبة 79.1%) و الأكسجين (بنسبة 20.9%) بالإضافة إلى كميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون (بنسبة 0.036%) و غازات أخرى بتركيزات قليلة جداً أهمها (بخار الماء والهيدروجين والهليوم و الأرجون و الكربتون).

ويتكون الغلاف الهوائي من أربع طبقات طبقاً للخواص الكيميائية والحيوية:

1. التروبوسفير (Troposphere)
2. الستراتوسفير (Stratosphere)
3. الميزوسفير (Mesosphere)
4. الثرموسفير (Thermosphere).



## التنقية الذاتية للمياه خلال طبقات التربة Auto Purification across Soil Layers

هو قدرة التربة علي حجز الملوثات الدقيقة المحمولة مع جزيئات الماء والتي تحتجز علي مستوى الطبقات العليا للتربة لقد اثبتت التجارب ان اقصى عمق يمكن للملوثات ان تصل اليه هو في حدود 2 متر من سطح الأرض اذا تعمل التربة علي تنقية المياه من الملوثات خلال طبقاتها وهو ما يعرف بقدرة التربة علي التنقية الذاتية.

## الكائنات ذاتية التغذية Autotrophic Organisms

هي الكائنات الحية التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون لانتاج مادتها العضوية، وقد تستخدم هذه الكائنات الضوء كمصدر للطاقة او تحصل علي الطاقة اللازمة لها من اكسدة المواد الكيميائية (مثل اكسدة المواد غير العضوية او تفاعلات الاختزال). ومن اشهر انواع الكائنات الحية ذاتية التغذية الطحالب و بكتريا البناء الضوئي وبكتريا التازت.

## B

### البكتريا Bacteria

وهي كائنات دقيقة وحيدة الخلية، يتكاثر معظم انواعها بالانقسام الثنائي، وبالرغم من ذلك هناك أنواع من البكتريا تتكاثر بالتكاثر الجنسي او بالتفرع. وحتى الان يوجد الاف الأنواع من البكتريا موجودة في الطبيعة، وعموما يندرج معظمها تحت ثلاث أنواع رئيسية تبعاً لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية الشكل) والحلزونية (اللولبية).

وتعد البكتريا من اكثر الكائنات الممرضة في المياه الملوثة بمياه الصرف الصحي او الصناعي وذلك لان اعدادها في السنتيمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وانواعها بالالاف، كما ان للبكتريا دور هام واساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي.

### البكتريولوجيا Bacteriology

علم يدرس كائنات حية ذات خلية واحدة تسمى البكتيريا. تسبب بعض أنواع البكتيريا أمراضاً خطيرة مثل الجذام والدرن (السل)، وبعضها الآخر مفيد وغير ضار. فمثلاً تساعد بعض البكتيريا على بقاء البيئة نظيفة وبمساعدة الكائنات الميتة على التحلل. ويقوم علماء البكتيريا بدراسة البكتيريا الضارة ليحددوا الطريقة التي تسبب الأمراض وكيف تكون الوقاية منها. كما يقومون بدراسة البكتيريا النافعة ليتوصلوا إلى كيفية الاستفادة منها والسيطرة عليها.

## **مياه الإتران (مياه الصابورة) Ballast Water**

هو نظام لحفظ توازن السفن وهو ما يراعى عند تصميم السفينة حيث تحمل السفن وزناً إضافياً سائلاً يُسمى الصابورة. وبدون هذا السائل، قد تتقلب سفينة الشحن الفارغة وتجنح في المحيط كقطعة الفلين.

وتعد المياه الموجودة داخل صهريج على السفينة مصدراً للتلوث إذا كانت محتوياتها من الزيت تزيد على 15 جزءاً في المليون.

## **التركيز (التراكم) الحيوي Bioaccumulation**

تراكم الملوثات في الكائنات الحية عن طريق الامتصاص أشو من خلال السلسلة الغذائية. وهذه الملوثات تكون مركبات لا تدخل في التمثيل الحيوي فتظل مستقرة في الكائن الحي مثل المعادن الثقيلة وبعض المركبات الصناعية. ويمكن عن طريق التركيز الحيوي الوصول إلى حالة البيئة من التلوث، ويتم ذلك غالباً للبيئة المائية حيث بتحليل الأسماك والأحياء المائية ودراسة وجود هذه الملوثات بها يمكن التوصل إلى تصور عن حالة البيئة المائية التي تتواجد فيها هذه الأحياء.

## **معامل التركيز الحيوي Bioconcentration Factor**

هو معدل تركيز المادة في الكائن الحي (المختبر) بالنسبة للتركيز للبيئة المحيطة.

## **التحلل (الهدم) الحيوي Biodegradation**

هو تحلل أو هدم للمادة (القابلة للتحلل بيولوجياً) بفعل الكائنات الحية الدقيقة.

## **التنوع البيولوجي Biodiversity**

التنوع البيولوجي يعنى تنوع جميع الكائنات الحية، والتفاعل في ما بينها، بدءاً بالكائنات الدقيقة التى لا نراها إلا بواسطة الميكروسكوب، وانتهاء بالأشجار الكبيرة والحياتان الضخمة. والتنوع البيولوجي موجود في كل مكان، في الصحارى والمحيطات والأنهار والبحيرات والغابات. ولا أحد يعرف عدد أنواع الكائنات الحية على الأرض. فقد تراوحت التقديرات لهذه الأنواع بين 5 و80 مليون أو أكثر، ولكن الرقم الأكثر احتمالاً هو 10 مليون نوع.

## **الغاز الحيوي Biogas**

غاز ينتج من تخمر المواد العضوية عن طريق التثبيت اللاهوائي ويتم إنتاج الغاز الحيوي عن طريق تخمير المواد العضوية (مثل روث الحيوانات أو الصرف الصحي أو الحمأة) في أوعية محكمة لا تتفد الهواء. كما يتم إنتاج الغاز الحيوي من بعض المدافن الصحية للمخلفات. ويغلب

على تركيب الغاز الحيوي غاز الميثان. ويستخدم الغاز الحيوي كوقود يمكن استخدامه في المواقف والإضاءة وتوليد الطاقة. وينتشر استخدام الغاز الحيوي كمصدر للطاقة في الأماكن الريفية عن طريق تصنيع وحدات لاهوائية صغيرة لإنتاجه، خاصة في الريف الصيني والهندي. ويتميز الغاز الحيوي بأنه مصدر متجدد للطاقة لا ينتج عنه أضرار بيئية.

### عمليات المعالجة البيولوجية Biological Treatment Processes

وهي طرق و عمليات المعالجة التي يتم فيها التخلص من الملوثات في المخلفات السائلة وذلك بفعل نشاط الكائنات الحية.

#### الدقيقة الميكروسكوبية Microorganisms

وتختص هذه المعالجة البيولوجية بإزالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا عن طريق البكتريا سواء كانت هذه المواد العضوية غروية أو ذائبة في مياه المجاري. وينتج من المعالجة البيولوجية غازات كنواتج نهائية والتي تنطلق الى الهواء الجوي ونواتج أخرى تدخل الى خلايا الكائنات الدقيقة ومن ثم يسهل ترسيبها بعد ذلك.

وتستخدم المعالجة البيولوجية أيضا في التخلص من المغذيات (النيتروجين والفسفور) وذلك من خلال عمليات التآزت Nitrification، وعكس التآزت Denitrification بالنسبة للنيتروجين، وتحويل الفسفور الى مركبات ثابتة

يسهل الاستفادة منها في اغراض متعددة كالزراعة مثلا.

#### الأكسدة البيولوجية Biological Oxidation

هو تكسير وهدم بالأكسدة للمواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة، وتتمثل هذه العملية في التنقية الذاتية للمجاري المائية وفي المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي ومعالجة الرواسب الصلبة (الحمأة).

#### الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand BOD

يعتبر الأكسجين الحيوي المستهلك من أهم الاختبارات التي تحدد كفاءة المعالجة البيولوجية، فقيمة الأكسجين الحيوي المستهلك تحدد بدقة قيمة الحمل العضوي الموجود في المياه (مقدار التلوث العضوي).

ويعرف الأكسجين الحيوي المستهلك بأنه كمية الأكسجين الذي تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ويقدر بالمليجرام لكل لتر.

## الملوثات الحيوية Biological Pollutants

وهو التلوث الحادث بفعل الكائنات الحية الدقيقة مثل الفيروسات والبكتيريا والطفيليات التي تنتشر بشكل كبير في البيئات المختلفة مسببة اضرارا للإنسان وبيئته، وايضا التلوث الذي تحدثه الكائنات الاخرى التي تعد اقات زراعية او صحية علي الإنسان والحيوان او النبات مثل النباتات المائية الضارة كورد النيل.

## التلوث البيولوجي Biological Pollution

هو التلوث الذي يحدث للماء بفعل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات والطحالب في المياه. وتنتج هذه الملوثات، في الغالب، عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء، بطريق مباشر عن طريق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة، او المالحة، او عن طريق غير مباشر عن طريق اختلاطها بماء صرف صحي او زراعي. ويؤدي وجود هذا النوع من التلوث، إلى الإصابة بالعديد من الأمراض. لذا، يجب عدم استخدام هذه المياه في الاغتسال او في الشرب، إلا بعد تعريضها للمعاملة بالمعقمات المختلفة، مثل الكلور والترشيح بالمرشحات الميكانيكية وغيرها من نظم المعالجة.

## المعالجة الحيوية Bioremediation

هي استخدام الكائنات الحية لتنظيف بقع الزيت او ازالة الملوثات الاخرى من التربة او من الماء او المجاري المائية او لتنقية مياه الصرف وايضا استخدامها لمقاومة وازالة الافات الصحية والزراعية او استعمالها كمضادات لأمراض الاشجار والنباتات والحيوانات.

## الغلاف الحيوي Biosphere

الحيز الذي توجد به الحياه في الكرة الأرضية ويضم هذا الغلاف الحياه في أعماق المحيطات و على سطح الأرض و على قمم الجبال و لا يزيد أقصى سمك له على 14 كم. ويشمل الغلاف الحيوي جميع الكائنات الحيه على اختلاف أنواعها.

ويمكن تعريفها ايضا بانها هي تلك الطبقة الرقيقة من التربة والماء والهواء التي تغطي سطح الكرة الأرضية وتتواجد فيها كل صور الحياة.



## C

### **مادة مسرطنة Carcinogen**

اي مادة يمكن ان تسبب في احداث او تفاقم السرطان.

### **الخلية Cell**

هي وحدة التركيب و الوظيفة في الكائنات الحية فجسم الإنسان مكون من اجهزة والاجهزة مكونة من اعضاء والاعضاء مكنوة من انسجة والانسجة مكونة من خلايا.

### **الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand COD**

ويعرف الأكسجين الكيميائي المستهلك بأنه كمية الأكسجين المطلوبة لأكسدة وتكسير المواد العضوية بالتفاعل الكيميائي.

ولهذا فان الأكسجين الكيميائي المستهلك يعتبر قياس للمواد العضوية (القابلة للتحلل والتأكسد بيولوجيا وغير القابلة للتحلل بيولوجيا)، لذلك فقيمة الأكسجين الكيميائي المستهلك أكبر او تساوي الأكسجين الحيوي المستهلك ولا يمكن ان يكون الأكسجين الحيوي أكبر من الكيميائي.

### **التلوث الكيميائي Chemical Pollution**

هو التلوث الذي يحدث للماء بفعل المركبات والمواد الكيميائية مما يغير من الحواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء.

وينتج هذا التلوث غالباً عن ازدياد الأنشطة الصناعية، او الزراعية، بالقرب من المسطحات المائية، مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية المختلفة إليها.

### **تفاعل كيميائي Chemical Reaction**

تغير يطرأ على المواد، ويشمل تكسير روابط وإعادة تكوين روابط كيميائية وتترتب فيها الذرات بطريقة ينتج عنها مواد جديدة تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة.

### **عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes**

وهي طرق و عمليات المعالجة التي يتم فيها ازالة او تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق اضافة الكيماويات او عن طريق التفاعلات الكيميائية، ومن أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائي والادمصاص والتطهير وهذه العمليات السالف ذكرها من اكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصحي.

## الكلورة Chlorination

تدمير وقتل الكائنات الممرضة باستخدام الكلور أو مركباته، كأحد أكثر الطرق شيوعاً في تطهير مياه الصرف الصحي.

## كلورو فلورو كربون CFCs

هي عائلة من المركبات العضوية تتكون من الكلور و الهيدروجين و الفلور و الكربون تستخدم على نطاق واسع في المبردات ومكيفات الهواء وتستخدم أيضاً كمذيبات عضوية وكمادة دافعة للإيروسولات وفي المواد العازلة ومواد التغليف. وتتصاعد مركبات الكلوروفلوروكربون في الحالة الغازية إلى طبقات الجو العليا (طبقة الستراتوسفير) حيث تتحلل مركبات الكلوروفلوروكربون بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية فتتحرر ذرات الكلور لتتفاعل مع الأوزون (في طبقة الأوزون) فيتسبب ذلك في اضمحلال طبقة الأوزون فيما يعرف بتقب الأوزون. وبالرغم أن مركبات الكلوروفلوروكربون ليست مسجلة كمواد سامة، إلا أن خاصيتها في اضمحلال طبقة الأوزون جعل كثير من الدول تحظر استخدامها أو تضع قيود ومحددات على استخدامها. وقد حث بروتوكول مونتريال على تخفيض أو تقليل استخدام هذه المركبات على نطاق واسع.

## المواد الغروية Colloidal matter

وهي جزء من المواد الصلبة يعرف بالمواد الغروية وهذه المواد تنتج من مخلفات المجازر والدهون والزيوت الذائبة في الماء وتسبب عكارة في الماء والمواد الغروية لا يمكن فصلها بالطرق الطبيعية مثل الترشيح أو الميكانيكية.

## الكلور المتبقي المتحد Combined Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في الماء علي هيئة مركبات للكلور مع الأمونيا التي توجد أصلاً في الماء أو تضاف لي الماء قبل اضافة الكلور

## التكثف Condensation

هو عملية تحول الماء من حالته الغازية (بخار) إلى سائل. والتكثف مهم بالنسبة لدورة الماء لأنه يشكل السحب التي تتسبب بدورها في تكثف البخار ليصبح مطراً أو ندى، وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء إلى الأرض. ولذلك فإن التكثف هو عكس التبخر تماماً.

## الكائنات الحية المستهلكة Consumers

وهي التي تستعمل المواد العضوية المنتجة من قبل الكائنات ذاتية التغذية سواء بصورة مباشرة او غير مباشرة، وهي بذلك تعتبر غير ذاتية التغذية Heterotrophs، لأنها غير قادرة على إنتاج مركبتها العضوية اللازمة للأغراض الغذائية الأساسية، وهي تشمل على الحيوانات والفطريات ومعظم البكتيريا، ويتم تصنيف الكائنات الحية المستهلكة حسب مصدر غذائها إلى آكلات الأعشاب، وآكلات اللحوم وآكلات الأعشاب واللحوم.

## المواد الملوثة للبيئة المائية

### Contaminated Substances Of Aquatic Environment

هي أية مواد يترتب على تصريفها في البيئة المائية بطريقة مباشرة او غير مباشرة إرادية او غير إرادية تغيير في خصائصها على نحو يضر بالإنسان وبالكائنات الحية الأخرى او بالموارد الطبيعية او بالبيئة المائية او يضر بالمناطق السياحية او يتداخل مع الاستخدامات الأخرى المشروعة للبيئة المائية.

## الأشعة الكونية Cosmic Rays

وهي الأشعة التي تفر من الفضاء الخارجي ومصدرها المجرات والشمس، وتنقسم إلى ثلاثة أنواع:

- الأشعة الكونية الأولية: وتتألف من 87 % بروتونات و 12 % جسيمات ألفا و 1 % نوى عناصر ثقيلة مثل الكربون والأكسجين والنيتروجين والكالسيوم والحديد، وتتواجد على ارتفاع 50 كم فأكثر وتقل كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض.
- الأشعة الكونية الثانوية: وهي نتاج تفاعل الأشعة الكونية الأولية مع الغلاف الجوي للأرض، وتتألف من فوتونات (إشعاع كهرومغناطيسي) وإلكترونات و بروتونات ونيوترونات، وتزداد كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض، فهي تتواجد على ارتفاع 20 كم فأقل. وفيما بين هذين الارتفاعين نجد خليطاً من نوعي الأشعة. -الأشعة الشمسية: وهي عبارة عن بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب انبعاث توهجات نيرانية تظهر على هيئة لسان كبير من سطحها، جزء من هذه الأشعة تكون طاقته كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض يمكن كشفها.

## D

### **Dangerous Pollution** التلوث الخطر

التلوث الخطر هو درجة من درجات التلوث الذي بدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية، حيث أن كمية ونوعية الملوثات تتعدى الحد الإيكولوجي الحرج.

### **Dangerous Waste** المخلفات الخطرة

تتكون من المواد المطروحة التي قد تهدد صحة البشر والبيئة. ويعد المخلف خطراً إذا ما تسبب في تآكل المواد الأخرى، أو انفجر، أو اشتعل بسهولة، أو تفاعل بشدة مع الماء، أو كان ساماً. وتشمل مصادر المخلفات الخطرة المصانع والمستشفيات والمعامل، وفي مقدورها أن تتسبب في إحداث الإصابات الفورية إذا ما تنفسها الناس أو ابتلعوها أو لمسوها.

### **Dechlorination** نزع الكلور

ازالة الكلور الكلي المتبقي المتحد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة.

### **Decomposers** المحلات

وهي كائنات لا يمكن اعتبارها ذاتية التغذية، لأنها لا تصنع غذائها من مواد لا عضوية، ولا يمكن اعتبارها كذلك كائنات مستهلكة، لأنها لا تتناول طعاماً جاهزاً، بل إنها تقوم بتحليل الكائنات الحية، وتشتمل المحلات على البكتريا والفطريات وتصنف حسب متطلباتها من الأكسجين إلى ثلاثة أنواع:

— الكائنات المحللة الهوائية Aerobes

— الكائنات المحللة اللا هوائية Anaerobes

— الكائنات المحللة الاختيارية Facultative Anaerobes

### **Decontamination** ازالة التلوث

هو ازالة المواد الضارة الملوثة سواء كانت كيميائية او بيولوجية (كالكائنات الحية) او فيزيائية كالمواد المشعة وذلك من الأنظمة البيئية كالماء والهواء او التربة او من الاشخاص المعرضين للتلوث.



## التعريف الشامل للتلوث Definition of Pollution

التعريف الشامل للتلوث يشمل كل النقاط التالية:

أي تغيير فيزيائي أو كيميائي أو بيولوجي مميز يؤدي إلى تأثير ضار على الهواء أو الماء أو الأرض أو يضر بصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى، وكذلك يؤدي إلى الإضرار بالعملية الإنتاجية كنتيجة للتأثير على حالة الموارد المتجددة.

هو تدمير أو تشويه النقاء الطبيعي لكائنات حية أو لجمادات بفعل عوامل خارجية منقولة عن طريق الجو أو المياه أو التربة

هو كل تغيير كمي أو كفي في مكونات البيئة الحية أو غير الحية لا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون أن يخلل اتزانها.

هو كل ما يؤدي نتيجة التكنولوجيا المستخدمة إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الماء أو الغلاف الأرضي في شكل كمي تؤدي إلى التأثير على نوعية الموارد وعدم ملائمتها وفقدانها خواصها أو تؤثر على استقرار تلك الموارد.

هو إدخال إي مادة غير مألوفة إلى أي من الأوساط البيئية، وتؤدي هذه المادة الدخيلة عند وصولها لتركيز ما إلى حدوث تغيير في نوعية وخواص تلك الأوساط.

إدخال مواد أو طاقة بواسطة الإنسان سواء بطريق مباشر أو غير مباشر إلى البيئة بحيث يترتب عليها آثار ضارة من شأنها أن تهدد الصحة الإنسان ية، أو تضر بالموارد الحية أو بالنظم البيئية أو تنال من قيم التمتع بالبيئة أو تعوق الاستخدامات الأخرى المشروعة لها.

## التلوث المدمر Destructive Pollution

يمثل التلوث المدمر المرحلة التي ينهار فيها النظام الإيكولوجي ويصبح غير قادر على العطاء نظرا لإختلاف مستوى الإتران بشكل جذري. وقد ينهار النظام البيئي كليا من تأثير التلوث المدمر ويحتاج الي عدة سنوات طويلة لإعادة اتزانه.

## الديوكسين Dioxins

مجموعة مواد خطيرة سامة ومسببة للسرطان وهي من الناحية الكيميائية مواد عضوية تتكون من حلقتين من حلقات البنزين. تنتج مواد الديوكسين كمنتج ثانوي من إنتاج نوع من أنواع مبيدات الأعشاب، كما تتبعث مواد الديوكسين كنتيجة لحرق المواد العضوية المكلورة (مثل مخلفات البلاستيك من نوع PVC) والتي توجد في القمامة والمخلفات الصناعية. وتتميز مواد الديوكسين

بشدة السمية حيث أن تركيزات منخفضة نسبياً من الديوكسين تعتبر جرعات قاتلة لكثير من الكائنات الحية.

### **Dissolved Sea Nutrients** المغذيات النباتية المذابة في ماء البحر

تحتاج النباتات البحرية إلى جانب الضوء، إلى العديد من العناصر المذابة في المياه. منها ما يوجد بوفرة مثل ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ ، والكالسيوم  $Ca^{++}$ ، والصوديوم  $Na^+$ ، والبوتاسيوم  $K^{++}$ ، والمغنسيوم  $Mg^{++}$ ، والسلفات  $SO_4^{--}$ ، ولكن هناك عناصر أخرى يطلق عليها المغذيات قليلة في مياه البحر وهي بالتحديد مركبات النيتروجين Nitrogen compounds، والفوسفور Phosphoresces، والسليكا Silica. تستهلك المغذيات في الطبقة السطحية من المياه بواسطة النباتات لتوفر ضوء الشمس. وتحدد قلة المغذيات في هذه الطبقة من تكاثر البلاتكون النباتي رغم توفر ضوء الشمس.

### **Disinfection** عملية التطهير

التطهير هو التدمير والقتل النوعي المنتخب للكائنات المسببة للأمراض، والمياه المعالجة الناتجة من محطات تنقية الصرف الصحي بها العديد من الكائنات الممرضة ولهذا يلزم تطهيرها قبل صرفها وإعادة استخدامها

وتتم عملية التطهير بإضافة جرعة الكلور اللازمة إلى المياه خلال غرفة التلامس في مدة مكث تتراوح بين 20 إلى 30 دقيقة.

### **Dissolved Oxygen** الأكسجين الذائب

يحتوي الهواء الجوي على حوالي 20 في المائة من حجمه على غاز الأكسجين، وعند احتكاك الماء بالهواء فإن نسبة من ذلك الأكسجين تذوب في الماء ويعرف بالأكسجين الذائب، وللاكسجين الذائب أهمية كبرى في حياة الكائنات المائية، إذا استخلص كثير من الكائنات الأكسجين الذائب من المياه.

### **Dissolved Gases in Water** الغازات الذائبة في المياه

تحتوي المياه على بعض الغازات الذائبة والتي قد تأتي مع مياه الأمطار فلمياه الأمطار القدرة الفائقة على إذابة الغازات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو حتي قبل أن تصل هذه المياه إلى سطح الأرض، كما أنها قد تنيب بعض الغازات الأخرى الموجودة في الجو.

## مياه مقطرة Distilled Water

ويتم الحصول عليها بالتقطير لكنها تستخدم في المعامل الكيميائية من أجل التجارب وليس للشرب.

## E

### الأثر الإيكولوجي Ecological Impact

هو التأثير الذي يحدثه الإنسان أو النشاط الطبيعي عند الكائنات الحية والمكونات البيئية غير الحية.

### النظام الإيكولوجي Ecosystem

منظومة معقدة مكونة من النباتات والحيوانات والفطريات والكائنات المجهرية والجمادات من الكيماويات والظروف الطبيعية والجيولوجية التي تدخل في العمليات الحيوية لهذه الكائنات الحية. ويحدث في النظام الإيكولوجي عمليات معقدة و متشابكة و مترابطة تتميز بالعديد من المسارات التي تؤدي إلى تغير معدلات نمو الجماعات الحية و تصل بها إلى حالة مستقرة من التوازن في إطار النظام ككل. وأي عملية تحدث لأي عنصر من عناصر السلسلة الغذائية مثل استخدام مبيد يكون له تأثير على باقي عناصر النظام الإيكولوجي. ولا توجد حدود معينة للنظام الإيكولوجي، ولكن يمكن فرض حدود بغرض الدراسة البحثية حسب نوع الدراسة المطلوبة والنتائج المتوقعة.

### التوصلية الكهربائية Electrical Conductivity

قياس مدى قابلية نقل وتوصيل الماء للتيار الكهربائي بوحدة الميكروسيمنز / سم؛ إذ أنه كلما كان تركيز المواد الصلبة الذائبة في الماء أكبر كلما كان قابلية الماء لنقل التيار الكهربائي أكبر. ويمكن تحويل الموصلية الكهربائية المقاسة بوحد الميكروسيمنز / سم إلى الوحدة (ملي جرام / لتر) بضربها في ثابت معين حسب نسبة وتركيز الاملاح الكلية الذائبة في المياه.

### الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum

الطيف الكهرومغناطيسي هو السلسلة التي تتكون من مجمل حزم الموجات الإشعاعية المختلفة في الطول Wave Length و التردد Frequency والتي تنبعث من الأجسام المادية المنشطة التي تشع فيما حولها كموجات إشعاعية حاملة كمية معينة من الطاقة، ويتكون الشعاع المنبعث من مجالين متآلفين (متراfcين دائما) من الطاقة Energy، هما: الطاقة الكهربائية او المجال الكهربائي Field Electrical والطاقة المغناطيسية او المجال الكهرومغناطيسي Magnetic Field، وهذان المجالان يكونان في ترافقهما متعامدين دائما.

## **Emission الانبعاث**

هو تشتت المادة خارج منطقة التطبيق الفعلية، وقد يكون هذا التحرك الغير مرغوب فيه راجعا للانجراف، ويعبر ايضا عن التلوث المنصرف في الغلاف الجوي من المداخن وغيرها من المنافذ، مثل مسطحات لوازم الأنشطة التجارية والصناعية ومواقد ومداخن المنازل ومواتير المركبات والقاطرات او البخار المنطلق من الطائرات.

## **Environment البيئة**

عرفت البيئة بعدة تعريفات، فعرفتها هيئة حماية البيئة الأمريكية ب "مجموعة العناصر (والمنظومة المعقدة التي تجمعها) التي تجعل الأشياء والظروف المحيطة بحياة الأفراد والمجتمعات كما يتم معاينتها". وعرفها الاتحاد الاوروبي أنها "هي اجمالي الأشياء التي تحيط بحياة الإنسان وتؤثر في الأفراد والمجتمعات". وتشمل البيئة على ذلك الموارد الطبيعية (البيئة الطبيعية) من الهواء والماء والتربة والمباني الحضرية (البيئة الحضرية) والظروف المحيطة بمكان العمل (بيئة العمل) وتشمل كذلك الكائنات الحية من نبات وحيوان والكائنات المجهرية.

## **Environmental Biological Monitoring المراقبة البيئية الحيوية**

هي استخدام الكائن الحي في المراقبة البيئية حيث ان وجود الملوث داخل الكائن الحي يعكس ويدل على مستوى الملوث بالبيئة المحيطة بالكائن الحي.

## **Environmental Chemistry الكيمياء البيئة**

الكيمياء البيئية هو الفرع من العلوم الذي يدرس مكونات البيئة من الناحية الكيميائية وتفاعلاتها وكذلك الطبيعة الكيميائية للملوثات البيئية والطرق الكيميائية لمعالجتها.

## **Environmental Crime الجريمة البيئية**

الجريمة البيئية بأنها كل فعل او إمتناع عن فعل يصدر عن شخص عام او خاص على المستويين المحلي والدولي، ويحدث مساسا بالتوازن البيئي او بموارد البيئة الطبيعية والاجتماعية بما يؤدي إلى حدوث ضرر ما مباشر او غير مباشر او يشكل خطرا يهدد صحة الإنسان وأمنه ومن ثم يتضرر عنه بعض او كل البشر، طبقا لنصوص القانون المحلي او الإتفاقيات الدولية.

## **Environmental Disasters الكوارث البيئية**

الحادث الناتج ظروف طبيعية او من فعل الإنسان وينتج عنه ضرر بالغ بالبيئة لا يمكن احتواؤه بالإمكانية المحلية في موقع الحادث. وبهذا يمكن تقسيم الكوارث البيئية إلى كوارث طبيعية مثل الجفاف والمد البحري والفيضانات، وكوارث من فعل الإنسان سواء بالخطأ مثل حدوث تسرب



غازات سامة من مصنع كيماويات أو تسرب النفط من ناقلة نفط أو من فعل الإنسان بالفعل مثل ما يحدث في الحروب من استخدام أسلحة الدمار الشامل. وتعد العديد من الدول خطط مسبقة لإدارة الكوارث البيئية بحيث إذا حدثت الكارثة يمكن تقليل الخسائر الحادثة بالمواجهة المبكرة والمدروسة للكارثة.

### **التأثير البيئي للإنسان Environmental Effect**

أي تغير في البيئة ضار أو مفيد، كلي أو جزئي، وتسببت فيه أنشطة الإنسان أو منتجاته أو خدماته.

### **العوامل البيئية المحددة Environmental Limiting Factors**

هو العامل البيئي الضروري للحياة أي أنه إذا غاب هذا العامل أو إنخفض عن حده الأدنى أو زاد عن حده الأقصى يسبب مشاكل تؤدي لموت هذا الكائن أو تؤثر على العمليات التمثيلية Metabolism مما تقلل من نشاطه العادي.

### **علم السموم البيئية Environmental Toxicology**

هو دراسة التأثيرات الكيماوية الضارة على النظام البيئي. في البيئات الطبيعية، تتفاعل الكائنات الحية (نباتات، حيوانات، المجهرات) بالعديد من الطرق المعقدة بأشياء غير حية (الهواء، الماء، التربة). علماء السموم البيئيين يتتبعون حركة الكيماويات خلال (الهواء، الماء، التربة)، ويقيموا تأثير المواد، ليس فقط على صحة الإنسان، ولكن على الأفراد والسكان والجماعات ضمن النظام البيئي. بعض المواد، مثل (DDT) والتي لا تشكل تهديد حيوي للبشر، قد تؤدي بعض الحيوانات. بعض المواد الأخرى تسبب القلق بسبب استمرار وجودها في البيئة.

### **التبخر Evaporation**

هو العملية التي يتحول بموجبها الماء من سائل إلى غاز أو بخار، وبعد الطريقة الرئيسة لانتقال المياه مرة أخرى إلى دورة الماء، لتصبح بخار ماء داخل الغلاف الجوي. وتوفر المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار حوالي 90% من الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي عن طريق التبخر، في حين أن نسبة الـ 10% المتبقية تأتي من ارتشاح النباتات.

### **الاثراء الغذائي Eutrophication**

ظاهرة تحدث في مسطحات المياه تنمو فيها الطحالب والنباتات العالقة بشكل كثيف بحيث يصبح المسطح المائي مغطى تماماً بهذه النباتات ويبدو وكأنه جزء من اليابسة. يحدث التخثر عادة لزيادة تركيز مركبات النيتروجين والفسفور (غالباً نتيجة لتصرفات ملوثة من الصرف الصحي



العشب، ثم تنتقل بعد ذلك الى الحيوانات الآكلة للحوم. وعندما يتلوث أحد مكونات السلسلة الغذائية بملوث مقاوم للتغير (مثل المعادن كالزئبق والكاديوم مثلاً) فينتقل ذلك الملوث خلال السلسلة الغذائية وينتشر، ويبتج عن ذلك ما يعرف بالتركيز الحيوي.

### **Food poisoning** التسمم الغذائي

بأنه حالة مرضية مفاجئة تظهر أعراضها خلال مدة تتراوح ما بين ساعة واحدة و ثلاثة ايام على شخص او عدة أشخاص عقب تناولهم أغذية ملوثة بالبكتيريا، او السموم التي تنتجها هذه الكائنات، وايضا الملوثة بأنواع مختلفة من الفيروسات والطفيليات ومواد كيميائية سامة مثل التسمم الناتج عن تناول الفطر. وتشمل الأعراض اقياءاً و اسهالاً و مغصاً و ارتفاع حرارة.

### **Free Residual Chlorine** الكلور المتبقي الحر

وهو الكلور الذي يوجد في المياه علي صورة حرة علي هيئة حمض الهيبوكلورس والذي ينتج من تفاعل الكلور مع الماء.

### **Fungi** الفطريات

الفطريات كائنات متعددة الخلايا وليست كائنات ضوئية (لا تحصل علي غذائها من عملية البناء الضوئي)، وتتكاثر الفطريات بثلاث طرق بالتكاثر الجنسي او اللاجنسي (بالانقسام وبالتفرع) او بالابواغ. معظم الفطريات كائنات هوائية تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ولها القدرة علي العيش وجود نسبة رطوبة قليلة، ويمكنها التغلب علي الظروف البيئية الصعبة مثل التغير في قيمة الأس الهيدروجيني.

## **G**

### **Gaseous State of Water** الحالة الغازية للماء

يكون فيها الماء علي شكل بخار، ويكون الماء بالحالة الغازية بدرجات حرارة مختلفة تبعا للضغط الجوي.

### **Genetic Engineering** الهندسة الوراثية

مصطلح يُطلق علي التقنية التي تغير المورثات (الجينات) الموجودة داخل جسم الكائن الحي. تحتوي خلايا كل الكائنات الحية علي مجموعة من هذه المورثات التي تحمل معلومات كيميائية تحدد خصائص وصفات هذا الكائن. وقد استطاع العلماء — عن طريق تغيير مورثات الكائن الحي — إكساب الكائن وأحفاده سمات مختلفة.

## ظاهرة تأثير البيت الزجاجي Greenhouse Effect

تأثير يحدث بسبب غازات متعددة تتبع من مصادر التلوث (يطلق عليها مصطلح غازات البيت الزجاجي) بحيث تحدث تأثير غلاف حول الأرض يسمح بدخول أشعة الشمس فتعمل على تسخين الأرض فتتبعث من الأرض موجات حرارية (أشعة تحت حمراء) إلى الفضاء الخارجي، ولكن تمتص غازات البيت الزجاجي هذه الأشعة تحت الحمراء وتمنع خروج معظمها من الغلاف الجوي للفضاء الخارجي. ويشبه هذا التأثير التأثير الذي يحدث البيت الزجاجي (أو الصوب الزراعية) في المزروعات للحفاظ عليها في درجات حرارة محددة. وقد تسببت ظاهرة البيت الزجاجي في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري (الرجاء الرجوع لتعريف الاحتباس الحراري). وغازات البيت الزجاجي الرئيسية هي ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والميثان والاوزون وأكسيد النيتروز والغازات العضوية مثل الكلوروفلوروكربون (CFCs) التي تتبع من مصادر التلوث المختلفة مثل المصانع ومحطات توليد الطاقة وسائل النقل.

## المياه الجوفية Groundwater

هي تلك المياه الموجودة تحت منسوب سطح الأرض، وتشغل كل أو بعض الفراغات الموجودة في التكوينات الصخرية، وهي في الأصل جزء من مياه الأمطار أو مياه الأنهار أو المياه الناتجة عن ذوبان الجليد وتسرب قسما من مياهها إلى باطن الأرض مكونة المياه الجوفية.

## H

## صحة البيئة Health of Environment

يعرف مفهوم الصحة البيئية على أنها توافر الموطن البيئي السليم والمستقر لنوع معين من الكائنات الحية وعلى راسها الإنسان بحيث يستطيع أن يعيش حياته بشكل سليم وأن يحافظ على بيئته سليمة.

## المعادن الثقيلة Heavy Metals

وتعرف بأنها تلك العناصر التي تزيد كثافتها على خمسة أضعاف كثافة الماء 5 مجم /سم<sup>3</sup> المكعب وهي لها تأثيرات سلبية على البيئة عند الإفراط في استخدامها كما تؤثر على صحة الإنسان والحيوان والنبات وأن جميع هذه المعادن تشترك كثيرا في صفاتها الطبيعية إلا أن تفاعلاتها الكيميائية مختلفة وينطبق هذا على أثارها البيئية فبعض هذه المعادن كالزئبق والرصاص والكاميوم منشأ خطر على الصحة العامة بينما المعادن الأخرى مثل الكروم والحديد والنحاس تقتصر أثارها على أماكن العمل الذي يحدث فيها التعرض لفترات طويلة ولهذا



فهي اقل خطراً من المعادن الأخرى كالرصاص الذي زاد انتشاره في الآونة الأخيرة وأصبح موجوداً بكثرة في الماء والهواء والغذاء. وإن كثيراً من المعادن الثقيلة ضرورية للحياة حتى ولو استخدمت بكميات قليلة جداً ولكنها تكون سامة إذا وصل تركيزها مستوى عالٍ في الجسم تصبح بعدها قادرة على التدخل في نمو الخلايا والجهاز الهضمي.

### الماء الثقيل Heavy Water

هو ماء له كثافة أعلى من الماء العادي بسبب أن ذرات الأكسجين التي فيه ترتبط مع ذرتين من النظير الثاني للهيدروجين المسمى بالديتريوم الذي يحتوي نواته على بروتون ونيوترون على خلاف ذرات الهيدروجين الأكثر انتشاراً والتي تحتوي على بروتون واحد ولا تحتوي على نيوترونات، وبالتالي فإن كتلة الجزيء الواحد من الماء الثقيل أكبر بمقدار وحدتي قياس ذريتين من كتلة جزيء الماء العادي.

### الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophic Organisms

هي الكائنات الحية التي تستخدم الكربون العضوي كمصدر للكربون لإنتاج مادتها العضوية وليس ثاني أكسيد الكربون، وقد تستخدم هذه الكائنات الضوء كمصدر للطاقة أو تحصل على الطاقة اللازمة لها من أكسدة المواد الكيميائية (مثل أكسدة المواد غير العضوية أو تفاعلات الاختزال). ومن أشهر أنواع الكائنات الحية غير ذاتية التغذية البرتوزوا والفطريات ومعظم أنواع البكتيريا.

### النافورات الحارة Hot Fountain

وهي مياه جوفية تندفع بغزارة إلى أعلى لعدة أمتار بفعل عامل الضغط الهيدروستاتيكي، وتأتي هذه المياه من أعماق بعيدة عن مستوى سطح الأرض تتصف بسخونتها مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه.

### الهيدروجين Hydrogen

هو أكثر الغازات وجوداً في الكون. ويكون الهيدروجين حوالي 0.67% من وزن القشرة الأرضية، ويُعد تاسع أكثر العناصر شيوعاً على الأرض، حيث يدخل في تكوين وتركيب عديد من المواد الطبيعية الموجودة. ويُعد الماء أهم هذه المواد، التي يدخل الهيدروجين في تكوينها، كما يُعد الماء، في الوقت نفسه، مصدر الحياة على الأرض.

### الرابطة الهيدروجينية Hydrogen Bond

هي رابطة تجاذبية كهربية ضعيفة، بين ذرة الهيدروجين المرتبطة بذرة أخرى في جزيء، والذرة سالبة الشحنة في جزيء آخر، أو في نفس الجزيء. والذرات سالبة الشحنة، هي تلك

الذرات التي تجذب الإلكترونات ناحية نواتها في رابطة قطبية. وأكثر العناصر الشائعة، ذات الذرات سالبة الشحنة، هي: الأكسجين، والكلورين، والنيتروجين، والفلورين.

ويُعد التجاذب بين الجزيئات من خلال الرابطة الهيدروجينية، مسؤولاً عن عديد من الخصائص الهامة، للمواد المحتوية على هذه الرابطة. فعلى سبيل المثال، في الماء السائل، تُعد الرابطة الهيدروجينية بين ذرة الهيدروجين الموجبة في جزيء، وذرة الأكسجين سالبة الشحنة في جزيء آخر، مسئولة عن حالته السائلة. كما تُعد هذه الرابطة مسؤولة، في الوقت نفسه، عن رفع درجة غليان الماء، إلى درجة أعلى (100 م°)، مما لو كانت هذه الروابط غير موجودة بين جزيئات الماء.

### الغلاف المائي Hydrosphere

يشمل هذا الغلاف جميع المسطحات المائية التي تغطي نحو ثلاثة أرباع الكرة الأرضية (72%) فهو يشمل مياه الأنهار و البحيرات العذبة والمحيطات و البحار و البحيرات الملحة. كما يشمل المحيطات والأنهار المتجمدة وجبال الجليد والأجزاء المتجمدة من التربة. ويشمل أيضاً المياه الجوفية وبخار الماء والسحب في الهواء.

## I

### الملوثات الصناعية Industrial Pollutants

وهي الملوثات التي تسبب الإنسان بحدوثها من خلال نشاطه الصناعي والزراعي والتجاري، مثل الغازات والأبخرة والصرف السائل والمواد الصلبة التي تتخلف من المصانع أو الهواء الملوث الناتج من عوادم السيارات وايضا المخلفات التي تنتج من أنشطة الناس ومعيشتهم.

### العوامل المسببة للعدوي مسببات الأمراض Infectious agents

من اهم عوامل العدوي المنتشرة في محطات مياه الصرف الصحي والصناعي الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتريا والفيروسات والبروتوزوا (الاوليات) او الطفيليات الاولى، وتسبب هذه الكائنات الحية الكثير من الأمراض و فالبكتريا مثلاً تسبب مرض الكوليرا والفيروسات تسبب مرض التهاب الكبد الوبائي والبروتوزوا تسبب مرض الدوسنتاريا الاميبية.

ومن اهم الأسباب التي تؤدي الي انتشار وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في مياه الصرف هو صرف مخلفات المستشفيات والمراكز الطبية والعلاجية الي شبكة المجاري العامة دون تعقيم

او تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي الي انتشار الأمراض المعدية التي تكون المياه الملوثة ناقلة لها.

### **الأشعة تحت الحمراء Infrared Radiation**

أشعة كهرومغناطسية غير مرئية حيث أنها تتميز بطول موجة أكثر من تردد الضوء المرئي. وتتبعث الطاقة الحرارية من الأجسام الصلبة والسوائل والغازات في صورة أشعة تحت حمراء. وفي علوم الأرض تتبعث الطاقة الحرارية من الأرض في صورة أشعة تحت حمراء، وتتسبب غازات البيت الزجاجي (الرجاء الرجوع الى تعريف ظاهرة البيت الزجاجي) في امتصاص هذه الأشعة ومنع خروجها إلى الفضاء الخارجي مسببة ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري.

### **تلوث الهواء الداخلي Internal Air Pollution**

يحدث هذا التلوث عن احتباس الملوثات داخل المباني التي تعاني أنظمة تهويتها من سوء التصميم. وأنواعه الرئيسية هي: دخان السجائر، والغازات المنبعثة من المواقد والأفران، والكيميائيات المنزلية، وجسيمات الألياف، والأبخرة الخطرة المنبعثة من مواد البناء، مثل العوازل والبويات والأصماغ. وتتسبب الكميات الكبيرة من هذه المواد داخل بعض المكاتب في حدوث الصداع وتهيج العيون ومشاكل صحية أخرى للعاملين فيها. وتسمى مثل هذه المشاكل الصحية أحياناً متلازمة المباني المريضة.

### **الأيون Ion**

تحت ظروف خاصة، قد تكتسب الذرة او تفقد إلكترونات، وفي هذه الحالة يُطلق على الذرة اسم "الأيون". وعندما تفقد الذرة إلكترونات، فإنها تصبح (أيوناً موجباً)، أما إذا اكتسبت إلكترونات، فإنها تصبح (أيوناً سالباً). لذا، يمكن تعريف الأيون، بأنه: "ذرة ذات شحنة كهربائية موجبة او سالبة، نتيجة فقدانها او اكتسابها إلكترونات واحداً او أكثر".

### **الروابط الأيونية Ionic Bonds**

يقصد بها القوى الإلكترونية التي تربط اثنين او أكثر من الأيونات ببعضها.

### **التأين Ionization**

تعرف عملية التأين بأنها: "عملية تحول ذرات مركب ما، إلى أيونات". عن طريق فقد او اكتساب الكترونات لهذه الذرات.

## **Inorganic Matter** المواد غير العضوية

وهي المواد التي لا يدخل في تركيبها عنصر الكربون مثل الرمل والزلط والاملاح والعناصر الثقيلة وتتميز هذه المواد الغير عضوية بانها ثابتة لا تتحلل.

## **Isotopes** النظائر المشعة

نظائر العناصر الكيميائية هي أشكال من العنصر الكيميائي لذرتها نفس العدد الذري  $Z$ ، ولكنها تختلف في الكتلة الذرية نظير، تعني نفس المكان، وذلك لأن كل النظائر المختلفة للعنصر تشغل نفس المكان بالجدول الدوري. والرقم الذري يساوي عدد البروتونات الموجودة في الذرة. وعلى هذا فإن نظائر عنصر محدد تحتوى على نفس عدد البروتونات. والاختلاف يكون في عدد الكتلة الذرية والذي ينتج من اختلاف عدد النيوترونات في نواة الذرة وتتشابه النظائر في الخواص الكيميائية وتختلف في الخواص الفيزيائية.

## **L**

## **Lithosphere** الغلاف اليابس

هو الحيز الذى توجد عليه الحياة البرية و يشكل الغلاف اليابس قشرة الأرض الخارجية الصلبة التى تتكون منها القارات و قيعان المسطحات المائية (أنهار- بحار- بحيرات- محيطات) و تبلغ أجزاء اليابس المعرضة للهواء 28 % من سطح الأرض.

## **Liquid Sludge** الحماة السائلة

هي المواد المشبعة بالمياه والراسبة بقاع الحوض وكمية الحماة السائلة تقدر بما لا يزيد عن 1 % من كمية مياه الصرف الداخلية للحوض.

## **Liquid State of Water** الحالة السائلة للماء

يكون فيها الماء سائلا شفافا، وهي الحالة الأكثر شيوعا للماء. ويوجد الماء على صورته السائلة في درجات الحرارة ما بين الصفر المئوي، ودرجة الغليان، وهي 100 درجة مئوية في الظروف المثالية عند ضغط 1 جوي.

## **Local Pollution** التلوث المحلي

هو التلوث الهوائي الذي يرتبط بأماكن محددة، كالتلوث الذي يحدث لمدينة او منطقة صناعية محددة او غيرها.



## M

### **Magnesium Water** مياه الماغنيسيوم

هي المياه المعدنية التي يحتوي كل لتر منها علي (12 ملي جرام من مادة الماغنيسيوم) المركب مع الليثيوم والزنك الذي يحمي الجسم، ويقوي الجهاز المناعي ويسيطر علي ضغط الدم.

### **Marine Environment** البيئة البحرية

هي المياه البحرية وما بها من ثروات طبيعية ونباتات وأسماء وكائنات بحرية أخرى، وما فوقها من هواء وما هو مقام فيها من منشآت أو مشروعات ثابتة أو متحركة وتبلغ حدودها حدود المنطقة الاقتصادية الخالصة للدولة.

### **Mesosphere** طبقة الغلاف المتوسط الميزوسفير

تمتد من حد الإستراتوسفير إلى 80 كم فوق سطح الأرض. وتتناقص درجة الحرارة في هذه الطبقة مع الارتفاع حيث تصل درجة الحرارة في الأجزاء العليا منها إلى أدنى درجة ممكنة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وهذا الجزء العلوي، من طبقة الميزوسفير يُدعى الميزوبوز (حد الغلاف الأوسط). وتهبط درجة الحرارة في هذا الجزء فوق القطبين إلى ما دون -109°م خلال فصل الصيف. ويمكن مشاهدة نيل من الغازات الحارة تنساب في هذه الطبقة بفعل الشهب، حيث تستقبل النيازك والشهب حتي تحترق فيها.

### **Molecules** الجزيئات

هي وحدات يمكن تجزئة المادة إليها. وتتكون الجزيئات من دقائق أصغر، أطلق عليها، باليونانية، اسم (Atom)، ومعناها "غير قابلة للانقسام"، وأطلق عليها، بالعربية، اسم "الذرة". وكل نوع من الجزيئات، يتكون من عدد معين من الذرات المرتبطة فيما بينها بروابط كيميائية.

### **Mutations** الطفرة الوراثية

الطفرة هي أي تغير يحدث في عدد أو نوع أو تتابع الوحدات البنائية للمادة الوراثية، وتؤدي إلى إحداث تغير دائم فيها، ويتم توريثه للجيل التالي. ويعتقد أن الطفرات تحدث نتيجة أسباب عديدة، منها التعرض للأشعة الكونية أو بعض المواد الكيماوية، ولكن ليس معلوما على وجه التحديد كيفية حدوث هذه الطفرات.

## N

### **Natural Pollutants** الملوثات الطبيعية

هي الملوثات التي لا يتدخل الإنسان في أحداثها، مثل الغازات والأبخرة التي تتصاعد من البراكين أو تأثير الانفجارات الشمسية على الطقس، أو احتراق الغابات بشكل طبيعي جراء ارتفاع الحرارة، أو انتشار حبوب اللقاح في الجو أو الكائنات الحية الدقيقة الضارة.

### **Natural Park** المحميات الطبيعية

مساحة محددة من الأرض أو المياه يتم فيها حماية الموارد الطبيعية فيها من أجل الأهمية العلمية، أو الثقافية، أو التعليمية المتعلقة بها، ولذلك يتم فيها اتخاذ إجراءات للحد من الأنشطة التنموية فيها وخاصة التي لها تأثير على تلك الموارد الطبيعية، ويتم إدارة هذه المناطق إدارة بيئية تعمل على تعزيز الحفاظ على هذه الموارد الطبيعية. ومن أمثلة المحميات الطبيعية الغابات التي تحتوي على أنواع نادرة من النباتات أو الحيوانات، وأيضاً المناطق الساحلية التي بها أنواع نادرة من الأحياء المائية والشعاب المرجانية، وكذلك الأراضي الرطبة.

### **Nitrogen Fixation** تثبيت النيتروجين

العملية البيوكيميائية التي بواسطتها يرتبط النيتروجين الجوي لمركبات عضوية متوافرة للنباتات. ينفذ مثلاً بواسطة البكتيريا التي تعيش في درنات النتروجين على جذور البقوليات.

### **Nutrients** المغذيات مواد الأثراء الغذائي

وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الدقيقة تحتاج المغذيات في نموها وتكاثرها ولو بنسب ضئيلة. من أهمها النتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالأنهار والبحيرات تؤدي إلى نمو الطحالب غير المرغوب فيها، وإيضاً وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسمك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثاً للمياه الجوفية.

## O

### **Organic Farming** الزراعة العضوية

هي الزراعة بدون استخدام كيماويات صناعية من أسمدة أو مبيدات أو مواد حافظة وبدون استخدام مدخلات الهندسة الوراثية لتعديل السلالات الزراعية أو الإشعاعات. وهي نظام شامل لإدارة الإنتاج الزراعي يروج ويعزز الظروف البيئية الطبيعية عن طريق التنوع الحيوي

(Biological Diversity) في التربة. ويستعاض عن استخدام الأسمدة الكيماوية باستخدام الأسمدة العضوية (مثل الكمورات وروث الحيوانات والمخلفات العضوية بعد معالجتها) ويستعاض عن استخدام المبيدات الكيماوية بتطبيق المبيدات الحيوية (وهي كائنات مفيدة تقوم باقتراس الآفات الممرضة). وبالرغم من أن الإنتاج المحصولي للزراعة العضوية يعتبر أقل من نسبياً من إنتاج الزراعة التقليدية إلا أن منتجاتها تعتبر أكثر اماناً من الناحية الصحية كما أن تطبيق وسائل الزراعة العضوية يقلل من احتمالية التصحر ويزيد من تثبيت التربة وهي أضرار شائعة في الأراضي المزروعة بالوسائل التقليدية.

### المواد العضوية Organic Matter

وهي المواد التي يدخل في تركيبها عنصر الكربون وتحتوي أيضاً على الهيدروجين وقد تحتوي على الأكسجين والنيتروجين ومن أمثلة هذه المواد النشويات والدهون والبروتينات، والمواد العضوية قابلة للتحلل إلى مواد أخرى بسيطة والتي غازات بواسطة البكتريا والكائنات الحية الدقيقة.

### المركبات العضوية الفوسفاتية Organophosphates

هي المركبات العضوية المحتوية على فوسفات وتشمل كل المبيدات الفحتوية على فسفور، وهذه المبيدات قليلة الثبات حيث أن فترة عمر النصف لها قصيرة وبعضها قد يكون سام عند استخدامها لأول مرة.

### الأكسجين Oxygen

هو عنصر كيميائي، يلعب دوراً حيوياً في التنفس، والعمليات الحيوية في الجسم، كما يدخل في عديد من الصناعات العامة. والأكسجين هو ثالث أكثر العناصر وجوداً في الكون، كما أنه أكثرها شيوعاً على سطح الأرض.

والأكسجين عنصر غازي، ورمزه الكيميائي هو (O)، ورقمه الذري (8)، ووزنه الذري 15.9994. ويوجد الأكسجين في صورته الغازية، في شكل جزيء ثنائي الذرة (O<sub>2</sub>)، حيث يكون ما يقرب من 20% من حجم الهواء الجاف وغاز الأكسجين هو غاز شفاف، ليس له طعم، أو رائحة.

### اوزون - Ozone

جزيء ميني من 3 ذرات أكسجين وينتج من نشاط الأشعة فوق بنفسجية على جزيئات الأكسجين. و تكون طبقة الاوزون موجودة في الجو على ارتفاع 15-30 كم، واهمية طبقة

الاوزون في انها تحد من وصول الأشعة فوق البنفسجية الى الكرة الأرضية وتحمي الأرض من تأثيراتها الضارة.

### طبقة الاوزون Ozone Layer

هي جزء من الغلاف الجوى الذى يحيط بالكرة الأرضية تتكون طبقة الاوزون من غاز الاوزون و هذا الغاز يتكون من ثلاثة ذرات أكسجين مرتبطة ببعضها و يرمز إليها بالرمز الكيميائى  $O_3$ . وتعمل طبقة الاوزون على حماية الحياة على سطح الأرض عن طريق حجب وامتصاص الأشعة فوق البنفسجية الضارة التي تنبعث من الشمس من دخول الغلاف الجوى. وتوجد طبقة الاوزون في الغلاف الجوى الاوسط الاوسط (الستراتوسفير Stratosphere) على بعد حوالي 15 ميل من سطح الأرض. ومؤخراً تعاني طبقة الاوزون من النضوب بسبب الغازات المنبعثة من الأرض خاصة غازات الكلوروفلوروكربون (CFCs) التي تستخدم في الإيروسولات والثلاجات والمبردات وكمنظفات في العديد من الصناعات و تستخدم في طفايات الحريق. يحدث الضرر لطبقة الاوزون عندما تنبعث من هذه المواد الكيماوية مركبات من الكلور والبروم شديدة القابلية للتفاعل. ومن هذا نشأ ما يعرف بنقب الاوزون حيث أنه ظهر فوق القارة المتجمدة الجنوبية كنقب في صور الأقمار الصناعية حيث انخفض تركيز الاوزون في هذا المكان بحوالي 40% خلال الثلاثين سنة الماضية. ويتواجد نقب الاوزون أيضاً فوق كندا والمناطق الشمالية من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا.

## P

### مركبات البوليكلورينيتيد بيفينيل (بي سي بيس) PCBs

مجموعة من المركبات العضوية تستخدم في صناعة البلاستيك، كما ينتشر استخدامها في صناعة الموصلات والمكثفات الكهربائية. وتعتبر مواد سامة للكثير من الأحياء المائية وتتميز بكونها مادة مستقرة تستقر في الأنسجة الحية للكائنات الحية وتنتشر في السلسلة الغذائية (الرجاء الرجوع إلى تعريف التركيز الحيوي) بالإضافة إلى كون بعض أنواعها مواد مسببة للسرطان (مسرطنة). ومن الناحية الكيميائية فهي مركبات عضوية مكلورة تحتوي على جزيء بيفينيل. وتضع الكثير من الدول محددات على استخدام البي سي بيس ومعايير للتخلص منه وذلك لآثاره الضارة على توازن النظام الإيكولوجي.



## الثبات Persistence

هو طول فترة بقاء المركب في البيئة وقد تكون فترة الثبات اقل من ثانية وقد تمتد لعدة سنوات وقد تكون غير محددة.

## المبيدات Pesticides

هي مواد كيميائية تقضى على الكائنات الحية غير المرغوب فيها ومنها المبيدات الحشرية (Insecticides) التي تستخدم في مكافحة الحشرات الضارة، والمبيدات العشبية (Herbicides) التي تستخدم في مكافحة الأعشاب الضارة، والمبيدات الفطرية (Fungicides) التي تستخدم في مكافحة الفطريات الضارة التي تسبب مرض النبات ومبيدات القوارض (Rodenticides) التي تستخدم في مكافحة الفئران وسائر القوارض الضارة. وهناك بعض المبيدات التي تستخدم في تطبيقات صناعية مختلفة مثل مبيدات الطحالب ومبيدات الجراثيم وغيرها. تشترك المبيدات في كونها تتدخل لوقف العمليات الحيوية في الكائن الحي غير المرغوب فيه بشكل او بآخر، لذا فهي تعتبر سامة. تعتبر المبيدات الكيميائية ملوثات خطيرة للغلاف الجوي والبيئة المائية، كما تعمل عادة على قتل العديد من الكائنات الحية غير المستهدفة مع الكائنات الضارة المستهدفة. ويمكن تقسيمها من الناحية الكيميائية الناحية الكيميائية إلى قسمين رئيسيين المبيدات التي يدخل فيها الكلور (Chlorinated Pesticides) ومن أشهرها الـ دي دي تي (DDT) والمبيدات الفوسفورية العضوية (Organophosphorous Pesticides) ومن أشهرها الباراثيون Parathion.

## العوالق النباتية Plankton

هي كائنات حية نباتية، أي تحتوي على كلوروفيل، لا تتحرك حركة ذاتية او تتحرك حركة ذاتية ضعيفة لا تمكنها من مقاومة التيارات المائية، معظمها وحيدة الخلية.

## التلوث الفيزيائي Physical Pollution

هو التغيير في المواصفات القياسية والخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء، عن طريق تغير درجة حرارته او ملوحته، او ازدياد المواد العالقة به، سواء كانت من أصل عضوي او غير عضوي.

## وحدات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

وتعتمد طرق المعالجة الفيزيائية علي الخواص الطبيعية الموجودة في الطبيعة نفسها بدون تدخل الإنسان ، اي القوي المؤثرة هي قوي طبيعية التي لاحظها واكتشفها الإنسان داخل البيئة المحيطة.

وحدات المعالجة الفيزيائية هي دائما الوحدات التمهيدية والاولية لكل مشاريع معالجة المخلفات السائلة، حيث يبدأ كل مشروع بوحدات معالجة فيزيائية كمرحلة اولي من مراحل المعالجة. ومن أهمها التصفية، ازالة الرمال، الترشيح، الترويب ، الطفو، الادمصاص، الترسيب والتناضح العكسي.

## عملية البناء الضوئي Photosynthesis

هي عملية حيوية، تُستخدم فيها الطاقة المستمدة من أشعة الشمس، في تصنيع المواد العضوية، من الماء وثاني أكسيد الكربون، بينما يتم اخراج الأكسجين. وعلى الرغم من أن هذه العملية تحدث بصورة رئيسية في النباتات الخضراء، إلا أنها تحدث، كذلك، في الطحالب، وفي بعض أنواع البكتيريا. وأن عملية البناء الضوئي تتكون من تفاعلين رئيسيين، الاول يتم في الضوء، ويطلق عليه "تفاعل الضوء" (Light Reaction)،

والثاني يحدث في الظلام، ويطلق عليه "تفاعل الظلام" (Dark Reaction).

ويمكن تقسيم عملية البناء الضوئي إلى ثلاث عمليات رئيسية هي:  
امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة الكلوروفيل.  
تحويل الطاقة الضوئية إلى شكل كيميائي.  
تثبيت ثاني أكسيد الكربون وتصنيع المواد الكربوهيدراتية.

## رقم (قيمة) الاس الهيدروجيني pH value

هو اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين في سائل ما، وهو تعبير علي تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول اي مقياس الحموضة والقلوية، وهذه القيمة تبدأ من صفر الي 14 ،

يعد قياس قيمة الاس الهيدروجيني من اهم الاختبارات الفيزيائية التي تجري علي مياه الشرب ومياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي والمياه الجوفية وتأتي اهمية ذلك من ان قاعدية او حامضية وسط المعالجة يلعب دورا هاما ويؤثر بفاعلية علي جميع التفاعلات الكيميائية والطبيعية والبيولوجية خلال مراحل معالجة المياه المختلفة.

## الملوثات Pollutants

هي كل العناصر الضارة التي تطلق في الغلاف الجوي أو تقذف في الغلاف المائي أو تنتثر فوق صفحة الأرض وتحدث خللاً في النظام البيئي. وهي إما أن تكون غازية ممثلة في الغازات الضارة التي تطلقها عوادم السيارات أو ما يتصاعد من مداخن المصانع ووسائل التدفئة وحرق القمامة والبراكين وغيرها، وقد تكون سائلة ممثلة في المياه العادمة التي تقذفها المصانع في المجاري المائية وتصريف مياه المجاري والمبيدات الحشرية وغيرها، وقد تكون صلبة ممثلة في نفايات المصانع بما في ذلك المخلفات والزراعية. هذا بالإضافة إلى القمامة التي تترايد بشكل مطرد من خلال ترايد السكان من ناحية، وزيادة معدلات استهلاك الفرد من ناحية أخرى. هذا وسيتم الحديث بالتفصيل عن الملوثات كالنفايات الصلبة والمياه العادمة والغازات في المجلدات اللاحقة.

## حمل التلوث Pollution Load

هو كمية الملوث مقطرة بوحدات الوزن (ملجم - جم - كجم - طن) التي تنبعث إلى البيئة الخارجية خلال فترة زمنية محددة. وعادة ما تستخدم الوحدات الصغيرة نسبياً للتعبير عن أحمال الملوثات في العينات التي يتم سحبها على مدى زمني قصير لإغراض القياس (ملجم/دقيقة - جم/ساعة)، أما الوحدات الكبيرة فيتم استخدامها للتعبير عن أحمال التلوث على مدى زمني طويل نسبياً مثل (كجم/شهر - طن/سنة).

## تلوث المصدر المحدود Pollution of Limited Source

هو مصدر التلوث الذي تنبعث منه بعض الملوثات، مثل أنبوب المجاري الذي يطرح ماء متسخاً في نهر من الأنهار، من نقطة محدودة أو مكان محدد، ويعرف هذا بتلوث المصدر المحدود.

## تلوث المصدر اللامحدود Pollution of Unlimited Source

هو مصدر التلوث الذي تنبعث منه بعض الملوثات من مناطق واسعة، ففي مقدور الماء الجاري في المزارع أن يحمل معه المبيدات والأسمدة إلى الأنهار، كما أن بإمكان مياه الأمطار أن تجرف الوقود والزيت والأملاح من الطرق ومواقف السيارات، وتحملها إلى الآبار التي تزودنا بمياه الشرب. ويسمى التلوث الصادر عن مثل هذه المناطق الواسعة بتلوث المصدر اللامحدود.

## المعالجة التمهيدية لمياه الصرف Preliminary Wastewater Treatment

هي المرحلة التمهيدية المبدئية التي تمر بها مياه المجاري الداخلة لمحطة التنقية، حيث يتم فصل المواد كبيرة الحجم بواسطة حواجز وشباك، ثم يتم تخفيض سرعة سريان تيار المجاري إلى 30

سنتيمتر في الثانية في قنوات حجز الرمال للسماح للحصى والرمال بالترسيب الي القاع، وبإمرار تيار من الهواء في المياه يتم فصل الزيوت والدهون بالطفو وايض طرد معظم الغازات المتعفنة والسوائل المتطايرة التي تحملها مياه المجاري، وبإذابة كمية من الأكسجين في المياه يتم انعاشها لكل تصبح صالحة لمعيشة البكتريا الهوائية في المراحل القادمة من المعالجة.

### **المعالجة الابتدائية لمياه الصرف Primary Wastewater Treatment**

في المعالجة الابتدائية يتم التخلص من جزء كبير من المواد العالقة والمواد العضوية من مياه الصرف (حوالي من 55 - 60% من المواد الصلبة العالقة و 30-35 % من الأكسجين الحيوي المستهلك). وقد يصاحب المعالجة الابتدائية وحدات معالجة فيزيائية مثل التصفية وفصل الزيوت والدهون ومن ثم فان المعالجة الابتدائية هي معالجة مساعدة اولية للمعالجة الثانوية والمياه الناتجة عن المعالجة الابتدائية ما زالت تحتوي علي كثير من المواد العضوية ويكون تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك عالي نسبيا.

### **الكائنات الحية المنتجة Producers**

وهي كائنات تحتاج إلى ماء وثاني أكسيد الكربون والأملاح المعدنية ومصدر للطاقة وبعض المعادن لتبقى حية، وتتميز هذه الكائنات عن غيرها من الكائنات الأخرى بأنها تقوم بتحويل المركبات غير العضوية ذات الطاقة المنخفضة إلى مركبات عضوية ذات طاقة مرتفعة (مثل السكريات)، وبهذا فهي تسمى كائنات ذاتية التغذية Autotrophs.

وتعتبر جميع النباتات الخضراء بما في ذلك الطحالب الدقيقة والمرئية كائنات منتجة لأنها تقوم بعملية التركيب الضوئي، كما أن هناك بعض البكتريا التي تعد منتجة، حيث إنها تستطيع أن تمارس البناء الضوئي Photosynthetic bacteria او البناء الكيميائي Chemosynthetic bacteria.

### **حماية البيئة Protection of Environment**

هو المحافظة على البيئة وعلي مكوناتها وخواصها وتوازنها الطبيعي ومنع التلوث او الإقلال منه او مكافحته، والحفاظ على الموارد الطبيعية وترشيد استهلاكها وحماية الكائنات الحية التي تعيش فيها، خاصة المهددة بالانقراض، والعمل على تنمية آل تلك المكونات والارتقاء بها.



## الاوليات (البروتوزوا) Protozoa

البروتوزوا ( الاوليات ) كائنات اولية ميكروسكوبية لها القدرة علي الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية اي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين، علي الرغم من وجود انواع قليلة منها لاهوائية. والبروتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا اذ يتراوح حجمها بين 10 الي 100 ميكرون وقد تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء

## R

### المجاري الخام Raw Sewage

هي مياه المجاري التي تصل الي محطة التنقية طازجة اي غير متعفنة، وذلك لاحتواها علي كمية مناسبة من الأكسجين الذائب فيها، وتتميز هذه المجاري بان لونها رمادي متجانس ورائحتها متزنخة مثل رائحة التراب.

### التلوث الإشعاعي Radioactive Pollution

وهو تلوث الماء بآي مادة ذات نشاط اشعاعي، وهذا النشاط الإشعاعي يمكن ان يحدث خلا او ضررا بيئيا او عدم اتزان بيئي. ومصدر هذا التلوث يكون، غالباً، عن طريق التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية، او عن طريق التخلص من هذه النفايات، في البحار والمحيطات والأنهار. وفي الغالب لا يحدث هذا التلوث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية، مما يجعله أكثر الأنواع خطورة، حيث تمتصه الكائنات الموجودة في هذه المياه، في غالب الأحوال، وتتراكم فيه، ثم تنتقل إلى الإنسان، أثناء تناول هذه الأحياء، فتحدث فيه العديد من التأثيرات الخطيرة، منها الخل والتحولات التي تحدث في الجينات الوراثية.

### التساقط Rainfall

هو خروج الماء من السحب على شكل أمطار، او ثلج، او جليد، او برد. وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء الموجود في الغلاف الجوي إلى الأرض. ومعظم الماء المتساقط من الغلاف الجوي يهطل كأمطار.

### الموازنة (إعادة الكربنة) Recarbonation

هي إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات محددة بهدف تحويل ما تبقى من كربونات الكالسيوم الى صورة البيكربونات الذائبة.

حيث أن كربونات الكالسيوم تكون علي هيئة رواسب قد يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات او في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد او الحد من كفاءة المرشحات الشبكات.

### **إعادة التدوير Recycling**

طريقة لاسترجاع المواد النافعة من المخلفات بحيث يتم فصل هذه المواد ومعالجتها (إذا تطلب الأمر) ثم إعادة تصنيعها.

ويحقق إعادة التدوير العديد من الفوائد الاقتصادية والبيئية، وذلك باسترجاع كميات من المخلفات، كان يتم التخلص منها، واستغلالها اقتصادياً كما يعمل ذلك على توفير جزء من الثروات التي تستخرج من باطن الأرض من النفط والمعادن.

### **المواد العضوية التخليقية Refractory Organics**

مثل الفينول والمبيدات الزراعية المختلفة والمركبات العضوية المعقدة، مثل نواتج المطهرات الثانوية وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجياً وتحتاج الي معالجة كيميائية وفيزيائية لازالتهاء، وتراكم هذه المواد يسبب ضرراً شديداً بالبيئة المائية، كما تعد كثير من هذه المركبات من المركبات السامة للاحياء المائية.

### **التلوث الاقليمي Regional Pollution**

هو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة كبيرة تضم عدة دول او حتي قارة بأكملها، مثل تلوث حوض البحر الابيض المتوسط او تلوث قارة اوربا.

### **الرطوبة النسبية Relative Humidity**

وهي النسبة المئوية، بين كمية بخار الماء في الهواء في حيز معين، وكمية بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء ببخار الماء، عند درجتي الحرارة، والضغط نفسيهما.

### **الطاقة المتجددة Renewable Energy**

الطاقة التي يتم توليدها من مصادر لا تنضب مثل طاقة الشمس او طاقة الرياح او الطاقة الحركية الناتجة من المد والجزر او الطاقة المائية الناتجة عن تساقط المياه من الشلالات والسدود او الطاقة الحرارية الصادرة من باطن الأرض او الطاقة الحيوية التي ينتج عنها الغاز الحيوي (الرجاء الرجوع للتعريف). وتتخذ الطاقة الحيوية أهمية كبيرة من الناحية البيئية والاقتصادية، حيث أنها تعتبر بديلاً مناسباً لمصادر الطاقة الحفرية (مثل النفط والفحم الحجري) القابلة للنضوب

خلال فترة زمنية محدودة (إذا استمر استهلاكها بالمعدلات الحالية) والتي ينتج عنها الكثير من التلوث مثل انبعاث غازات البيت الزجاجي (الرجاء الرجوع للتعريف) والإيروسولات والغازات التي تسبب العديد من الظواهر البيئية السلبية مثل المطر الحامضي وثقب الأوزون والاحتباس الحراري

التحلل البيولوجي هو تحول المادة بواسطة الكائنات الدقيقة. وتحت ظروف البيئة، تتأثر عملية التحلل البيولوجي بعدد من العوامل، تتضمن وجود الأكسجين (ظروف هوائية/ ظروف لاهوائية) والعناصر الغذائية بالإضافة إلى توافر الأعداد المطلوبة من الكائنات الدقيقة ودرجة تكيفها.

### **Renewable Sweet Water Sources** مصادر المياه العذبة المتجددة

هي مجموع التدفقات الداخلة للمياه السطحية والمياه الجوفية بالإضافة إلى التدفقات الداخلة.

### **River** النهر

هو مجرى مائي واسع ذو ضفتين يجري فيه الماء العذب الناتج عن هطول الأمطار أو المياه النابعة من عيون الأرض أو من مسطحات مائية كالبحيرات.

## **S**

### **Safe Sludge** الحماية الأمنة

هي الحماية التي يمكن تداولها واستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة، وأمنة تماما للإنسان والحيوان، وحتى تكون الحماية آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الأمنة المسموح بها، وأن يتم خفض محتوى الكائنات الممرضة بها للحدود الأمنة وذلك بمعالجتها وتثبيتها قبل تداولها.

### **Sanitary Land filling** الدفن الصحي للمخلفات

طريقة هندسية للتخلص من المخلفات في الأرض بطريقة لا تسمح بتلوث البيئة. ويتم الدفن الصحي للمخلفات بملء حيز معين من الأرض بهذه المخلفات وتخزينها في هذا الحيز لفترة معينة حتى يتم تحللها إلى المواد الأولية وتصبح غير خطيرة. وتتم عملية الدفن الصحي بنشر المخلفات على الأرض ثم دمكها وتغطيتها في خلايا متتابعة. ويتم عادة عزل الأرض التي يتم استخدامها للدفن الصحي عن البيئة المحيطة لمنع تسرب السوائل التي تخرج من المخلفات إلى التربة المحيطة والمياه الجوفية.

## ماء البحر Sea Water

ماء البحر هو الماء المأخوذ من البحر أو المحيط. وفي المتوسط تكون مياه البحر في محيطات العالم بنسبة ملوحة - 3.5%. وهذا يعنى أن كل لتر (1000 مليلتر) من ماء البحر يحتوى على 35 جراما من الأملاح (معظمها وإن كلوريد صوديوم) مذابة فيها.

## المعالجة الثانوية التقليدية لمياه الصرف Secondary Wastewater Treatment

تعرف المعالجة الثانوية بأنها مجموعة من عمليات ووحدات المعالجة المتصلة ببعضها بهدف التخلص من نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ونسبة كبيرة من المواد العالقة الصغيرة في الحجم نسبيا والتي لم تترسب في المعالجة الابتدائية مثل أحواض الترسيب الابتدائي (حيث يمكننا إزالة أكثر من 95% من المواد العضوية القابلة للتحلل في المعالجة الثانوية). بيولوجيا، وأكثر من 96% من المواد العالقة.

وتجمع "الحمأة"، الناتجة من المراحل، التمهيدية والابتدائية والثانوية، وينقل إلى "خزان هضم الحمأة". لتتولى البكتيريا تكسير المواد العضوية المعقدة، وتحويلها إلى مواد أقل تعقيدا، ويصاحب هذه العملية انطلاق غاز الميثان، الذي يستخدم مصدراً للوقود. ويجمع الحمأة، المتبقي من هذه العملية، ويجفف، ويستخدم كمخصبات للتربة.

ويعد التطهير والتعقيم من وحدات وعمليات المعالجة الثانوية في كثير من محطات المعالجة بينما يعتبره البعض من عمليات المعالجة الثلاثية أو المتقدمة.

## الترسيب Sedimentation

تعد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدمها الإنسان في معالجة المياه. وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليات المعالجة الكيميائية مثل التيسير والترويب. وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها.

## الجسيمات المتساقطة Settling Particulates

وهي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود إلى الأرض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الأرضية، ويطلق عليها اسم الغبار الساقط، ويزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة ميكرومترات، وهذه الجسيمات لها تأثير على العيون والمنشآت الصناعية والابنية والممتلكات ولها تأثير خفيف على المجاري التنفسية للإنسان.



## تلوث التربة Soil Pollution

تلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة او زيادة في تركيز احدي مكوناتها الطبيعية مما يؤدي الي التغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة.

وايضا ولكن إذا وجد ما يخل بوظائف التربة عن أداء مهامها فهو يعتبر تلوث للتربة واجهاد لها. وهذه المواد التي يطلق عليها ملوثات التربة قد تكون مبيدات او مواد واسمدة كيميائية او امطار حمضية ساقطة او نفايات صناعية او نفايات وفضلات منزلية او النفايات المشعة.

## الحالة الصلبة للماء Solid State of Water

يكون فيها الماء على شكل جليد او ثلج، يوجد على هذه الحالة عندما تكون درجة حرارة الماء أقل من الصفر المئوي.

## المحلول Solution

هو مخلوط مادتين او اكثر، ماده واحدة على الاقل من المواد تكون حالة سائلة وتدعى بالمذيب والمادة الثانية او المواد الباقية يمكن ان تكون في حالة غازية او سائلة او صلبة وتدعى بالمذاب. جزيئات المذاب منتشرة بين جزيئات المذيب وتكون صفات المحلول صفات المادتين معا.

## معالجة الحمأة (الرواسب الصلبة) Sludge and Residue Treatment

هناك العديد من الطرق والعمليات التي يمكن عن طريقها معالجة المخلفات السائلة وهي تختص بمعالجة الجزء السائل منها، ولا بد من الاخذ في الاعتبار و مراعاة طرق معالجة الحمأة الصلبة في تصميم محطات الصرف الصحي حيث ينتج من عمليات المعالجة كميات من المواد الصلبة في صورة حمأة نشطة يجب معالجتها وتثبيتها للحصول علي مواد ثابتة يمكن الاستفادة منها كسماد او يمكن التخلص منها بصورة امنة بيئيا.

## الحمأة Sludge

المقصود بالحمأة هو المادة الصلبة المتخلفة المترسبة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحي.

## التيسير (إزالة العسر) بالترسيب Softening by Chemical Precipitation

تعني عملية التيسير او إزالة العسر للمياه ( water softening ) إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيميائي. وتتم هذه العملية في محطات

المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيميائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم و هيدروكسيد الماغنسيوم.

### **المخلفات الصلبة Solid Wastes**

هي المخلفات التي تعتبر غير ذات قيمة للشخص الذي تخلص منها والناجمة من كل الأنشطة اليومية للإنسان وتختلف أنواعها من بلد لآخر ومن مدينة إلى أخرى داخل البلد الواحد.

### **أنحمل النوعي للتلوث Specific Pollution Load**

وهو يمثل معدل صدور الملوثات بوحدات الوزن بالنسبة لحجم النشاط، ويمكن التعبير عن الحمل النوعي للتلوث بوحدات (جم ملوث / طن إنتاج) أو (كجم ملوث / طن وقود).. الخ، حيث يتم اختيار الوحدات المناسبة لكل نوع من أنواع النشاط. ويتم تقدير الحمل النوعي للتلوث بقسمة كمية الملوثات المنبعثة خلال فترة زمنية معينة على حجم النشاط خلال نفس الفترة مثل حجم الإنتاج أو حجم الاستهلاك.

### **الحرارة النوعية للماء Specific Temperature of Water**

تعرف الحرارة النوعية بأنها: كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة جرام واحد من الماء، عند درجة 54م، درجة مئوية واحدة.

### **مياه العيون Spring Water**

مياه العيون هي التي تتدفق من تحت سطح الأرض وتخرج بشكل طبيعي وليست لها خصوصيات فيزيائية وكيميائية ثابتة وتوجد في تكاوين صخرية مختلفة الأنواع.

### **تثبيت المواد العضوية Stabilization of organic matters**

عملية تحليل المواد العضوية إلى مواد أولية خاملة غير ضارة، وتتم عادة بطرق حيوية بفعل البكتيريا والكائنات المجهرية الأخرى. ينقسم تثبيت المواد العضوية بالطرق الحيوية إلى نوعين رئيسيين، التثبيت الهوائي (في وجود الأكسجين) والتثبيت اللاهوائي (في غياب الأكسجين)، ومن تطبيقات التثبيت الحيوي للمواد العضوية معالجة الصرف الصحي ومعالجة الحمأة وعملية الكمر (Composting). ويمكن أيضاً تثبيت المواد العضوية عن بطرق كيميائية باستخدام عوامل مؤكسدة.

### **الستراتوسفير Stratosphere**

الطبقة التالية للتروبوسفير وتصل إلى ارتفاع حوالي 50 كم فوق سطح الأرض وتشمل طبقة الأوزون Ozone Layer التي تحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة عن الأرض (الرجاء

الرجوع تعريف الأشعة فوق البنفسجية). ولا توجد في هذه الطبقة سحب أو أتربة ولا تتأثر بالرياح والاضطرابات الهوائية التي تحدث في التروبوسفير

### **Sulphated Water المياه الكبريتية**

هي المياه المعدنية الغنية بالكبريت وتستعمل كعلاج لأمراض الروماتيزم. المفاصل، الجلد، وغيرها من الأمراض.

### **Surface Tension التوتر السطحي**

هي انكماش مساحة السطح الخارجي للسائل إلى أقصى حد ممكن من الصغر كنتيجة لانجذاب والتصاق جزيئات السائل إلى بعضها البعض.

### **Surface Water المياه السطحية**

تعرف المياه السطحية بأنها المياه التي توجد على سطح الأرض على هيئة سيول نتيجة هطول الأمطار أو تتواجد على هيئة ثلوج تذوب بعد ارتفاع درجة الحرارة وتجري هذه المياه في الوديان والأنهار فتصب في البحار أو تختفي في الصحاري القفار أو تتجمع في البحيرات والمنخفضات أو تتسرب إلى باطن الأرض حتى تصل إلى الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه. توصف المياه السطحية بأنها مياه متجددة وتعتبر الأمطار المصدر الأساسي لهذه المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة.

### **Synthetic Detergents المنظفات الصناعية**

هي مركبات عضوية تركيبها الكيميائي يشبه تركيب الصابون، إلا أنها تمتاز عنه في أن لها قوة تنظيف كبيرة، وتحدث رغوة مع الماء المحتوي على نسبة من الأملاح، وتحضر المنظفات الصناعية من مواد عضوية تشتق من نواتج البترول مثل الكايل بنزين

وتمتاز المنظفات الصناعية بأنها مواد خافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف وفي المياه السطحية التي تصرف إليها.

## **T**

### **المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة) Tertiary Advanced Treatment**

تعرف عمليات المعالجة المتقدمة بأنها درجة خاصة من درجات المعالجة والتي تلي وتتبع عمليات المعالجة التقليدية الثانوية لازلة بعض المكونات والملوثات في مياه الصرف مثل المغذيات والمواد السامة واية معدلات عالية غير طبيعية من المواد العضوية والمواد العالقة. وفي هذه المرحلة، يُجرى عديد من العمليات الكيماوية والفيزيائية، للتخلص من مختلف الملوثات، التي لم يُتخلص منها، في المراحل السابقة، مثل الفسفور، والنيتروجين، والمواد العضوية الذائبة، وبعض العناصر السامة. وينتج من هذه المرحلة ماء، على مستوى عال من النقاء؛ إذ يُزال نحو 99.5 % من المواد العالقة الصلبة، والنيتروجين، والفوسفور، والزيوت العالقة والدهون. وتتضمن هذه العمليات: التخثر الكيماوي، والترسيب، الترويب بالكيماويات و التزغيب والطفو والترسيب الذي يلي الترشيح والترشيح الرملي، والامتصاص الكربوني، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي.

### **التحلل الحراري Thermal Degradation**

التحلل الحراري للمواد بالحرارة في غياب الأكسجين او مع وجود كمية محدودة منه. وفي وحدة الانحلال الحراري، يتم رفع حرارة المواد إلى درجة فيما بين 800 و 1400 درجة فهرنهايت (427 إلى 760 درجة مئوية). ويهدف نقص الأكسجين إلى منع الاحتراق، غير إن إزالة كل الأكسجين يعد أمراً مستحيلاً ولذلك تحدث بعض الأكسدة وينتج عنها تكوين مركبات الديوكسين ومركبات خطيرة أخرى ذات صلة. وينتج عن الانحلال الحراري ثلاثة عناصر: غاز، وزيت وقود، وبقايا صلبة تسمى "الرماد الفحمي" (Char) (والتي من المحتمل أن تحتوي على معادن ثقيلة).

### **الثرmosفير Thermosphere**

أعلى طبقات الغلاف الجوي حيث يبدأ في التلاشي تدريجياً إلى حدود الغلاف الجوي ومن ثم إلى الفضاء الخارجي. وتسمى أيضاً طبقة الأيونوسفير (Ionosphere) حيث بها تركيزات عالية من الأيونات الحرة التي تدخل الغلاف الجوي من الفضاء الخارجي.

### **الأملاح الكلية الذائبة Total Dissolved Solids**

هي الاملاح الموجودة في المياه في صورة ذائبة وهي تمثل مجموع الايونات الموجبة (الكاتيونات) والايونات السالبة (الانيونات) التي توجد في صورة ذائبة في المياه بالاضافة الي مواد اخري غير متأينة.



### **الجسيمات العالقة الكلية Total Suspended Particulates**

وهي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين 0.1 الى 10 ميكرومترات وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء، ام معدل ترسبها فهو بطيء نسبيا ويتوقف علي الظروف الطبيعية من رطوبة او رياح او حرارة وغيرها. وتعتبر الجسيمات العالقة اخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن ان تصل للرئتين وتستقر هناك.

### **المواد العالقة في المياه Total Suspended Solids (TSS)**

وتشمل كل المواد الطافية والمعلقة سواء علي سطح الماء او في داخله، وهي وزن المواد التي يمكن حجزها علي وسط ترشيح بعد تجفيفها في فرن تجفيف درجة حرارته 103 الي 105 درجة مئوية، وتقدر كمية المواد العالقة بالمليجرام في اللتر.

### **المواد السامة Toxic Substances**

المواد السامة تعد ثالث اثر الأنواع الكيميائية انتشارافي المجال الصناعي واكثرها خطورة وتعرف المواد السامة بانها اية مادة تسبب سمية او تسمم للانسان

من المواد السامة الغير عضوية مادة السبستوس الخطيرة والتي عند التعرض الشديد لها لفترات طويلة تسبب اصابة الرئتين بالتليف ويمكن ان يؤدي الي حدوث سرطان بالرئة.، والعناصر الثقيلة مثل الكاديوم والزنبق والرصاص من المواد ذات الطبيعة السامة لطبيعة تراكمها داخل جسم الامسان مسببة تلف للكلي والكبد، ومن اهم مصادر العناصر الثقيلة صناعات البطاريات والطلاء الكهربى.

والفينولات ومركبات الفورمالدهيد والتي تنتج من مصانع البلاستيك والمواد اللاصقة تعد من المواد العضوية السامة

وتنتقل كثير من المواد السامة للانسان عند تلوث البيئة المائية بتلك المواد عبر سلسلة الغذاء مع النبات والحيوان او بالاتصال المباشر بالإنسان.

### **معالجة المواد السامة Toxic Substances Treatment**

هناك انواع من مياه الصرف تحتوي علي مواد ذات سمية او ملوثات خاصة مثل انواع الصرف الصناعي التي تنتج كثير من العناصر السامة والعناصر شديدة التلوث والتي يلزم لمعالجتها طرق وعمليات خاصة بكل مجموعة من الملوثات.

تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة في عمليات المعالجة ؛ فضلا عن اثارها المدمرة علي البيئة وخاصة البيئة المائية

### النتج Transpiration

هو العملية التي تنتقل بموجبها الرطوبة من منطقة الجذور، عن طريق النبات، إلى مسامات صغيرة في الجانب السفلي لاوراق النبات، حيث تتحول إلى بخار يخرج إلى الغلاف الجوي. إذن، الارتشاح هو تبخر الماء من اوراق النبات. وأشارت التقديرات إلى أن حوالي 10% من الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي تخرج من النباتات عن طريق الارتشاح.

### طبقة الغلاف السفلي (التروبوسفير) Troposphere

وهي طبقة الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض، وهي الطبقة التي نعيش فيها. وتضم هذه الطبقة 75% من مجمل الغلاف الجوي. وتتم معظم التغيرات الجوية والأمطار والتلوج في هذه الطبقة تقريبًا. تحدث فيها التغيرات اليومية في الظواهر الجوية (مثل السحب- المطر- البرد- الثلج-) والتي تقتصر على هذه الطبقة. وتحتوي هذه الطبقة على بخار الماء والإيروسولات الموجودة في الغلاف الجوي كما تحتوي على ثلاث أرباع وزن الغازات في الغلاف الجوي. وتتناقص درجة الحرارة في التروبوسفير بالاتجاه للأعلى بمعدل حوالي 6.5 درجة مئوية لكل كيلومتر.

وطبقة التروبوسفير هي الطبقة المعنية بالتلوث اذا تتركز فيها 99.0% من الملوثات الجوية.

## U

### الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation UV

أشعة كهرومغناطسية غير مرئية حيث أنها تتميز بطول موجة أقل من تردد الضوء المرئي. وتتبعث الأشعة فوق البنفسجية مع أشعة الشمس وتنقسم إلى ثلاث درجات (A، B، C) حسب طول الموجة.. وتعتبر الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الطويلة (UVA) مفيدة لحياة النباتات على الأرض، كما أنه يتم استخدامها في العديد من التطبيقات الطبية. أما بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية المتوسطة فإنها ضارة لصحة الإنسان حيث تتسبب في حدوث سرطان الجلد وبعض أمراض العين (مثل مرض عتامة العدسة كترأكت). وتعتبر أخطر أنواع الأشعة فوق البنفسجية هي الأشعة قصيرة الموجة (UVC) حيث تتسبب في قتل العديد من الكائنات الحية وحدثت أمراض سرطان الجلد وغيرها من الأضرار على صحة الإنسان.

## التلوث العالمي Universal Pollution

هو التلوث الهوائي الذي تنتشر فيه الملوثات علي مساحات كبيرة، وتصل الي اماكن بعيدة ن مصادرهما، مثل التلوث بالاشعاعات الذرية حيث يتجاوز الاقليم الذي حدث فيه، ومثل التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو الأرض، او تآكل طبقة الاوزون في طبقات الجو العليا والمتوسطة.

## V

### الفيروسات Viruses

الفيروسات ابسط واصغر الكائنات الدقيقة، حيث يتراوح حجمها ما بين 0.1 الي 0.3 ميكرون، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نووي محاط به بروتين. وكل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي او خارج الخلية الحية، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات الجدري، التهاب الكبد الوبائي، شلل الاطفال والايذر بالاضافة الي مجموعة متنوعة من امراض الجهاز الهضمي والتنفسي.

### المواد المتطايرة Volatile Suspended Solids

هي جزء من المواد العالقة وهي تمثل الجزء العضوي الذي يتحلل تماما متحولا الي طاقة او الي كائنات حية جديدة

عندما توضع المواد العالقة التي تم تجفيفها في درجة 103 مئوية في فرن حرق درجة حرارته 550 درجة مئوية، فان جميع المواد العضوية تتطاير منها بالحرق ، وكمية المواد المتطايرة تحسب بالمليجرام في اللتر.

## W

### حرق المخلفات Waste Combustion

هو أي نوع من أنظمة المعالجة الحرارية للمخلفات التي تهدر الموارد وتبعث ملوثات. وتتضمن تلك الأنظمة التكنولوجيات التي تعتمد على الاحتراق، والإنحلال الحراري والتحويل الحراري إلى غازات. وينتج عن أنظمة الإنحلال الحراري وتحويل المخلفات إلى ديوكسين (Dioxins) وفوران (Furans) والملوثات العالقة الأخرى.

## تقطير الماء Water Distillation

التقطير تكمن في رفع درجة حرارة المياه الى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك الى ماء.

## تأين الماء Water Ionization

تعرف عملية التأين بأنها: "عملية تحول جزيئات مركب ما، إلى أيونات". وبالنسبة إلى الماء، فإن معدل تأينه يُعدّ ضعيفاً جداً، إذا ما قورن بمعدلات التأين في المركبات الأخرى. إلا أنه قد يحدث تحلل لبعض جزيئات الماء، إلى أيوني الهيدروجين الموجب ( $H^+$ ) والهيدروكسيل السالب ( $OH^-$ ).

## عسر الماء Water Hardness

عسر الماء هو قياس تقليدي لقدرة الماء علي التفاعل مع الصابون، اذ يتطلب الماء العسر مقداراً كبيراً من الصابون لإنتاج الرغوة المطلوبة للتنظيف، ووجود أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم هي غالباً المسببة لحدوث العسر.

## تلوث الماء Water Pollution

يقال ان الماء ملوث اذا ما احتوي علي مواد غريبة سائلة او صلبة عضوية او غير عضوية ذائبة او غير ذائبة او كائنات دقيقة، وتغير هذه المواد من الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للماء، وبذلك يصبح غير صالح للاستهلاك المنزلي او في الزراعة او في الصناعة.

## تلوث مجري الماء Water Stream Pollution

يعرف تلوث الماء - حسب ما أصدرته هيئة الصحة العالمية أن المجرى المائي يعتبر ملوث عندما يتغير تركيب عناصره، او تتغير حالته بطريقة مباشرة او غير مباشرة، بسبب نشاط الإنسان ، بحيث تصبح هذه المياه اقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها او لبعضها، وهذا التعريف يتضمن أيضا ما يطرأ على الخصائص الطبيعية و الكيميائية والبيولوجية التي قد تعل المياه غير صالحة للشرب او غير صالحة للاستهلاك المنزلي او في الصناعة او في الزراعة.

## الامواج Waves

وهي اضطراب في الماء ينجم عن تحرك جزيئاته ارتفاعاً وانخفاضاً في حركة توافقية منتظمة، يتولد عنه حركة مستمرة في مياه البحار والمحيطات.



## معلومات هامة مفيدة

الاوزان والمقاييس:

□ الوحدات الأساسية Units SI Base

الرمز	الوحدة	Measured Quantity	الكمية المقاسة
m	م	meter	المتر
Kg	كـلـج	Kilogram	الكيلوجرام
s	ث	Second	الثانية
K		Kelvin	درجة الكلفين
A		Ampere	الأمبير
mol		Mole	ألمول
Cd		Candela	القنديلة
rd		Radian	الراديان
		Length	الطول أو البعد
		Mass	الكتلة
		Time	الزمن
		Temperature	درجة الحرارة
		Electrical Current	التيار الكهربائي
		Quantity of matter	كمية المادة
		Luminosity	شدة الاستضاءة
		Plane angle	الزاوية المسطحة

□ بعض الوحدات المشتقة التي نستعملها بكثرة في واقعنا الصناعي.

الرمز	الوحدة من القانون الفيزيائي	Measured Quantity	الكمية المقاسة
m <sup>2</sup>	الطول x الطول	Surface	المساحة
m <sup>3</sup>	الطول x الطول x الطول	Volume	الحجم
m/s	الطول / الزمن	Speed	السرعة الخطية
Hz	1 / الزمن	Frequency	الذبذبة
kg/m <sup>3</sup>	الكتلة / الحجم	Density	الكثافة
m/s <sup>2</sup>	السرعة / الزمن	Acceleration	التسارع
N	الكتلة x التسارع	Force	القوة
N/m <sup>2</sup>	القوة / المساحة	Pressure	الضغط
m <sup>3</sup> /s	الحجم / الزمن	Flow Rate	التدفق

## □ مضاعفات و أجزاء الوحدات الأساسية المعتمدة

اسم المعامل Prefix	الرمز	معامل الضرب
التيرا Tera	T	$10^{12}$
الجيجا Giga	G	$10^9$
الميجا Mega	M	$10^6$
الكيلو kilo	k	$10^3$
الوحدة الأساسية Base Unit		
السنتي-centi	c	$10^{-2}$
الميلي-milli	m	$10^{-3}$
الميكرو-micro	$\mu$	$10^{-6}$
النانو-nano	n	$10^{-9}$
البيكو-pico	p	$10^{-12}$

## □ المساحات Areas

الوحدة	بوصة مربعة	قدم مربع	ياردة مربعة	ميل مربع
1 مليمتربربع	0.00155	-	-	-
1 سنتيمتر مربع	0.15500	-	-	-
1 متر مربع	-	-	1.196	-
1 كيلومتر مربع	-	-	-	0.38608

الوحدة	مليمتر مربع	سنتيمتر مربع	متر مربع	كيلومتر مربع
1 بوصة مربعة	645.16	6.4516	-	-
1 قدم مربع	92903	929.03	0.092903	-
1 ياردة مربعة	-	8361.3	0.83613	-
1 ميل مربع	-	-	-	2.5900

□ السعة - الحجم Capacity - Volume

الوحدة	اونصة سائلي	كوارتس (ارباع الجالونات )	جالون (امريكي)
1 مليلتر	0.033814	-	-
1 لتر	33.814	1.0567	0.26417

الوحدة	مليلتر	ديسيلتر	لتر
1 اونصة سائلي	29.573	0.29573	0.02957
1 كوارتس	946.35	9.4635	0.94635
1 جالون (امريكي)	3785.4	37.854	3.7854

□ الاطوال Lengths

الوحدة	البوصة	القدم	الياردة	الميل
1 مليلتر	0.0394	-	-	-
1 سنتيمتر	0.394	0.03281	0.01093	-
1 متر	39.37	3.281	1.0936	-
1 كيلومتر	39369.6	3280.8	1093.6	0.62137

الوحدة	مليلتر	سنتيمتر	متر	كيلومتر
1 بوصة	25.4	2.54	0.0254	-
1 قدم	304.8	30.48	0.3048	-
1 ياردة	914.4	91.44	0.9144	-
1 ميل	-	-	1609.3	1.6093

## □ الكتلة - الوزن Mass- Weight

الوحدة	جران	اونصة (اونس)	رطل
1 جرام	15.4	0.0353	-
1 كيلوجرام	15400	35.3	2.2046
1 طن متري	-	-	2204.6

## □ قو Power

قوة حصان = 745.70 وات (جول / ثانية )

1 كيلووات = 1.341 حصان تجاري

طاقة الفرد البشري = 80-85 وات

طاقة الثور = 500-550 وات

طاقة الحمار = 80-85 وات

طاقة البغل = 375 - 400 وات

## □ الضغوط Pressures

1 رطل / البوصة المربعة = 0.069 بار

1 بار = 14.50 رطل / البوصة المربعة

1 رطل / البوصة المربعة = 0.068 ضغط جوي

1 ضغط جوي = 14.70 رطل / البوصة المربعة

1 رطل / البوصة المربعة = 0.070 كيلوجرام / سم<sup>2</sup>

1 كيلو جرام / سم<sup>2</sup> = 14.28 رطل / البوصة المربعة

1 بار = 100 كيلو باسكال

## □ السرعة Speed

عقدة بحرية = 0.8684 ميل / ساعة

ميل / ساعة = 1.1515 عقدة بحرية

## Flow Rate معدل التدفق

1 مترمكعب / ساعة = 16.667 لتر / دقيقة



1 لتر / دقيقة = 0.06 متر مكعب / ساعة

1 متر مكعب / يوم = 41.66667 لتر / ساعة = 0.694445 لتر / دقيقة

تحويل	إلى	يضرب في
الجالونات (المملكة المتحدة)	لترات	4.54609
الجالونات (الولايات المتحدة)	لترات	3.785411784
الأمطار المكعبة	لترات	1000
اللترات	أمطار مكعبة	0.001
المليترات	لترات	0.001

### Some Useful Calculations

#### Concentrations and mass Calculations

1 ppm = 1000 ppb (parts per billion) = 1 mg/kg (solid) = 1 mg/l (liquid)

1 ppm  $\times$  1/10000 = percent

1 ppb = 1000 ppt (parts per trillion) = 1  $\mu$ g/kg (solid) = 1  $\mu$ g/l (liquid)

1 milligram (mg) = 0.001 gram and 1 kilogram (kg) = 1,000 grams

mg = milligrams ( $10^{-3}$  g)

$\mu$ g = micrograms ( $10^{-6}$  g)

ng = nanograms ( $10^{-9}$  g)

pg = picograms ( $10^{-12}$  g)

$\mu$ m = micrometer ( $10^{-6}$  m)

nm = nanometer ( $10^{-9}$  m)

1% = 10.000 mg/L

Ibs = mg / l  $\times$  MGD  $\times$  8.34 Ib / gal

Concentration mg / l = pounds per day / flow (MGD)  $\times$  8.34 Ib/gal

$^{\circ}$ C = 5/9 ( $^{\circ}$ F – 32 )

$^{\circ}$ F = ( 9/5  $^{\circ}$ C) + 32

percent water + percent solids = 100 percent

percent solids = 100 percent – percent water



## المراجع

### المراجع العربية:

- 1- علوم تلوث البيئة حسن بن محمد السويديان دار الخريجي للنشر 1997 م
- 2- التلوث مشكلة العصر د / أحمد مدحت اسلام عالم المعرفة - الكويت 1992م
- 3- المدخل الي العلوم البيئية سامح غربية ويحي الفرحان عمان الاردن 1987.
- 4- معالجة مياه الصرف الصحي وتشغيل المحطات احمد السروي. دار الكتب العلمية 2006.
- 5- مجلة اسبوط للدراسات البيئية اعداد مختلفة 2001-2005.
- 6- الملوثات الكيميائية والبيئة محمد ابراهيم وزيدان هندي الدار العربية للنشر 1996م.
- 7- كمياء البيئة ابراهيم زامل الزامل دار الخريجي للنشر 1999م.
- 8- أسس تدوير النفايات للأستاذ الدكتور أحمد عبد الوهاب عبد الجواد - الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة 1997.
- 9- المعالجة البيولوجية لمياه الصرف أحمد السروي الدار العلمية 2007.
- 10- الهندسة البيئية د/ فاضل حسن احمد -جامعة عمر المختار - ليبيا.
- 11- معالجة مياه الصرف الصناعي - احمد السروي. دار الكتب العلمية 2007.
- 12- صلاح محمود الحجار، التوازن البيئي وتحديث الصناعة، سلسلة تكنولوجيا الإنتاج الأنظف، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، 2003، القاهرة مصر.
- 13- الإنسان وتلوث البيئة - للدكتور محمد السيد أرناؤوط - الدار المصرية اللبنانية - القاهرة 1999.
- 14- المبيدات والتلوث البيئي د / علي محمد علي عبدالله. سلسلة العلم والحياه 2003.
- 15- الهندسة الوراثية وابحاث البيئة د/ عبد الباسط الجمل 2000م.
- 16- كتاب دورات الحياة والاتزان البيئي، أ.د. نظمي خليل أبو العطا موسى دكتور الفلسفة في العلوم - جامعة عين شمس 2000م.



## المراجع الأجنبية:

- 1- Environmental Chemistry Stanley E. Manahan 2004.
- 2- Introduction to Environmental Science W.H.Freeman and Company, San Francisco 1980.
- 3- Water Pollution Causes, Effect and Control PK.GOEL New age International limited publisher 1997.
- 4- Paul Choi et.al Water, Air and Soil Pollution 1985.
- 5- Environmental Chemistry B.Venkateswarlu -Kalayani Publisher 2000.
- 6- S. Abdel-Sattar, (2002): "Power Frequency Electromagnetic Pollution (Review Paper)", Presented at the International Conference for Development and the Environment in the Arab World, Assiut University, Assiut, Egypt, and March 26-28, 2002.
- 7- Burton, M.A.S., Biological Monitoring of Environmental Contaminants, University of London, 1986.
- 8- World Health Organization, WHO, Guidelines for the Use of Wastewater In Agriculture and Aquaculture, T.R. no. 778, Geneva, 1989.
- 9- Hand book of Water resources and Pollution Control Harry W and Jacob 1979.
- 10- Botkin. D. B and Keller, E.A. 2003. Nuclear Energy and the Environment: in Environmental Science. (Botkin and Keller eds); John Wiley & Sons, Inc. 4<sup>th</sup> Edition, pp668.
- 11- State of the Environment Report. 1991. Environmental Protection Council "A Case Study of Crimes Against the Environment". Kuwait.
- 12- Burton, M.A.S., Biological Monitoring of Environmental Contaminants, University of London, 1986.
- 13- World Health Organization, WHO, Guidelines for the Use of Wastewater In Agriculture and Aquaculture, T.R. no.778, Geneva, 1989.
- 14- Heesman, R., Wilson, A., Manual ...  
Water Industry, Water







# مقدمة في كيمياء التلوث البيئي



دار الحِمْد للنشر والتوزيع

الأردن - عمان - ص.ب: 366 عمان 11941 الأردن

هاتف: 5231081 فاكس: 009626-5235594

e-mail: daralhamed@yahoo.com

www.daralhamed.net